



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA



ESTUDIO DEL ESTADO DE BIENES COMUNES EN EL CONTEXTO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA ZONA COSTERA DE LA COMUNA DE SAN JUAN DE LA COSTA ($40^{\circ}28'-37'S$ Y $73^{\circ}40'-47'W$), REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE

Memoria para optar al Título de Geólogo

Michelle Berndt Barriga

Profesor Patrocinante: Dra. Verónica Laura Oliveros Clavijo
Profesional Guía: Sr. Francisco Alonso Bastías Mercado
Profesores Comisión: Dra. Javiera Paz Gerding González
Dra. Noelia Gabriela Carrasco Henríquez

Concepción, 2023

“May your choices reflect your hopes, not your fears.”

[Que tus decisiones sean reflejo de tus esperanzas, no de tus miedos]

Nelson Mandela

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades y planteamiento del problema	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Ubicación y accesos	3
1.4. Metodología de trabajo	5
1.4.1. Etapa Gabinete I	5
1.4.2. Etapa Terreno I	6
1.4.3. Etapa Gabinete II	6
1.4.4. Etapa Terreno II	7
1.4.4.1. Parámetros hídricos <i>in situ</i>	7
1.4.4.2. Análisis de pH en suelo.....	7
1.4.4.3. Exploración y análisis de cárcavas.....	10
1.4.5. Etapa Gabinete III	11
1.5. Trabajos anteriores	12
1.6. Agradecimientos	13
2. CONTEXTO AMBIENTAL	14
2.1. Geomorfología	14
2.1.1. Geomorfología regional	14
2.1.1.1. Planicie Litoral.....	15
2.1.1.2. Cordillera de la Costa.....	15
2.1.1.3. Depresión Intermedia, Valle Central o Valle Longitudinal.....	16
2.1.1.4. Cordillera de Los Andes o Cordillera Principal.....	16
2.1.2. Geomorfología local	17
2.2. Marco geológico	19
2.2.1. Generalidades	19
2.2.2. Rocas metamórficas	19
2.2.2.1. Basamento Metamórfico (Paleozoico-Triásico).....	19
2.2.2.2. Complejo Metamórfico Bahía Mansa (Devónico-Triásico).....	21
2.2.3. Rocas estratificadas	21
2.2.3.1. Cuenca Osorno-Llanquihue (Oligoceno? - Mioceno).....	21
2.2.3.2. Depósitos Glaciares (Pleistoceno medio - Superior).....	22
2.2.4. Depósitos no consolidados	22
2.2.4.1. Depósitos Fluviales Actuales (Holoceno).....	22
2.2.5. Geología local	23

2.3. Edafología	24
2.3.1. Generalidades	24
2.3.2. Registros actualizados del suelo en el área de estudio	24
2.3.3. Erosión acelerada (cárcavas)	25
2.4. Riesgos geológicos	27
2.4.1. Generalidades	27
2.4.2. Sismos y Tsunamis	28
2.4.3. Inundaciones	30
2.4.4. Anegamientos	31
2.4.5. Remociones en masa	32
2.4.5.1. Informes de la Dirección de Vialidad, MOP.....	33
2.4.5.2. Informes de la ONEMI de la Región de los Lagos.....	34
2.5. Hidrología	35
2.5.1. Cuencas hídricas en la Región de los Lagos	35
2.5.2. Cuencas hídricas locales	37
2.6. Clima	39
2.7. Biota	40
2.7.1. Vegetación	40
2.7.2. Fauna marina y fluvial	42
2.8. Contexto socioeconómico	43
2.8.1. Generalidades	43
2.8.2. Demografía cuantitativa	44
2.8.3. Salud	45
2.8.4. Economía	45
2.8.5. Explotación de recursos marinos	47
2.8.5.1. Registro del desembarque total Osorno.....	48
2.8.5.2. Registro del desembarque total X Región.....	49
2.8.5.3. Registro del desembarque total por ciudad 1965-1978.....	50
3. MARCO TEÓRICO	51
3.1. Bienes comunes	51
3.1.1. Definición de bienes comunes	51
3.1.2. Bienes comunes en el derecho constitucional chileno	52
3.1.3. Relación entre los bienes comunes y la “tragedia de los comunes”	54
3.1.4. Gobernanza y bienes comunes	54
3.2. Cambio climático	55
3.2.1. Definición de clima	56
3.2.2. Definición de variabilidad climática	56

3.2.3. Definición de cambio climático.....	57
3.2.4. Efectos del cambio climático.....	59
3.2.5. Eventos extremos como consecuencia del cambio climático....	60
3.2.6. Efectos regionales y locales del cambio climático en Chile.....	62
4. IDENTIFICACIÓN DE COMUNES.....	67
4.1. Generalidades.....	67
4.2. Resumen entrevistas a actores clave del territorio.....	68
4.2.1. Recurso hídrico: agua de los ríos y sus afluentes (esteros, vertientes, <i>menokos</i> y <i>trayenkos</i>).....	68
4.2.2. Mariscos, con énfasis en el loco (<i>Concholepas concholepas</i>)....	69
4.2.3. Algas: cochayuyo (<i>Durvillaea antarctica</i>), luche (<i>Porphyra</i> sp.) y luga negra (<i>Sarcothalia crispata</i>).....	70
4.2.4. Bosque nativo.....	70
4.2.5. Lengua <i>williche</i> “ <i>Che süngun / Tse süngun / Chesungun</i> ”.....	72
4.3. Cartografía participativa (CP).....	73
4.3.1. Definición cartografía participativa.....	73
4.3.2. Metodología de CP aplicada en el estudio de bienes comunes.	73
4.3.3. CP sobre el común hídrico.....	75
4.3.3.1. Década entre los años 1980-1990, recurso hídrico.....	75
4.3.3.2. Década entre los años 1990-2000, recurso hídrico.....	76
4.3.3.3. Década entre los años 2000-2022, recurso hídrico.....	77
4.3.4. CP sobre el común algas.....	79
4.3.4.1. Década entre los años 1980-1990, algas.....	79
4.3.4.2. Década entre los años 1990-2000, algas.....	80
4.3.4.3. Década entre los años 2000-2022, algas.....	81
4.3.5. CP sobre el común mariscos.....	83
4.3.5.1. Década entre los años 1980-1990, mariscos.....	84
4.3.5.2. Década entre los años 1990-2000, mariscos.....	86
4.3.5.3. Década entre los años 2000-2022, mariscos.....	86
5. PARÁMETROS BIO-GEO-FÍSICOS.....	87
5.1. Identificación de parámetros.....	87
5.2. Parámetros oceanográficos.....	88
5.2.1. Base de datos SHOA.....	88
5.2.1.1. Temperatura Superficial del mar (TSM).....	90
5.2.1.2. Presión atmosférica.....	92
5.2.1.3. Nivel del mar.....	94
5.2.1.4. Temperatura del aire.....	95
5.2.2. Base de datos <i>Copernicus Marine Service</i>.....	97
5.2.2.1. Clorofila (Chl).....	98

5.2.2.2. Producción primaria neta de biomasa (Nppv).....	99
5.2.2.3. Concentración molar de fitoplancton (Phyc).....	100
5.2.2.4. Concentración molar de nitrato (NO ₃).....	101
5.2.2.5. Concentración molar de fosfato (PO ₄).....	101
5.2.2.6. Concentración molar de sílice (Si).....	102
5.2.2.7. Concentración molar de hierro (Fe).....	103
5.2.2.8. pH del mar.....	103
5.2.2.9. Concentración molar de oxígeno disuelto (O ₂).....	104
5.2.2.10. Temperatura Potencial del Fondo Marino (TPFM) y Temperatura Potencial del Agua Marina (TPAM).....	105
5.2.2.11. Salinidad (PSU).....	107
5.3. Parámetros fluviales.....	108
5.3.1. Elaboración de cuencas hídricas con ráster TanDEM-X DEM_GEOL0845.....	119
5.3.2. Base de datos fluviométricos de la DGA.....	110
5.3.3. Datos físico-químicos medidos en terreno.....	111
5.3.3.1. pH fluvial.....	113
5.3.3.2. Conductividad específica o CE (µs/cm) y sólidos disueltos totales o TDS (mg/l).....	113
5.3.3.3. Temperatura (T°).....	113
5.3.3.4. Oxígeno disuelto (%OD).....	113
5.4. Parámetros atmosféricos-meteorológicos.....	114
5.4.1. Base de datos de precipitaciones de la DGA.....	114
5.4.2. Base de datos CR².....	116
5.4.3. Base de datos de la DGAC.....	118
5.4.3.1. Precipitaciones.....	120
5.4.3.2. Temperatura (T°).....	121
5.4.3.3. Humedad Relativa (HR).....	124
5.4.3.4. Presión atmosférica.....	126
5.5. Parámetros edafológicos o de suelo.....	127
5.5.1. Registro histórico CONAF.....	127
5.5.2. Registro del tipo de suelo CIREN (2012) desde el SIMEF.....	130
5.5.3. Análisis de pH del suelo.....	131
5.6. Parámetros geomorfológicos.....	135
5.6.1. Erosión en cárcavas.....	135
 6. DISCUSIÓN: RELACIÓN ENTRE COMUNES Y PARÁMETROS BIO-GEO-FÍSICOS.....	 140
6.1. Generalidades.....	140
6.2. Parámetros fluviales y atmosféricos-meteorológicos (común: recurso hídrico).....	140
6.2.1. Microcuencas.....	141

6.2.2. Caudal y precipitaciones.....	141
6.2.3. Calidad del agua.....	143
6.2.4. Presión atmosférica.....	143
6.2.5. Recomendaciones respecto al recurso hídrico.....	144
6.3. Parámetros oceanográficos (común: mariscos y algas).....	145
6.3.1. Temperatura.....	146
6.3.2. Nivel del mar.....	147
6.3.3. Nitratos, fosfatos, sílice y hierro.....	147
6.3.4. Variables biológicas microscópicas.....	148
6.3.5. Otras variables (pH, oxígeno disuelto y salinidad –PSU–).....	149
6.3.6. Productividad.....	150
6.3.7. Recomendaciones respecto al común mariscos y algas.....	151
6.4. Parámetros edafológicos y geomorfológicos (común: Bosque nativo).....	152
6.4.1. pH del suelo.....	152
6.4.2. Cobertura vegetal y uso de suelo.....	153
6.4.3. Erosión.....	154
6.4.4. Riesgos geológicos.....	155
6.4.5. Recomendaciones respecto al común bosque nativo.....	155
6.5. Vinculación del conocimiento local y parámetros bio-geo-físicos.....	156
6.6. Recomendaciones respecto a las condiciones de información y utilización del conocimiento local.....	159
7. CONCLUSIONES.....	161
8. REFERENCIAS.....	163
ANEXOS.....	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	4
1. 2. Mapa de accesos en la comuna de San Juan de la Costa.....	5
1. 3. Perímetro aproximado de cárcavas para cálculo de ID.....	11
2. 1. Mapa geomorfológico de la Región de los Lagos.....	14
2. 2. Mapa de pendientes del área de estudio.....	18
2. 3. Mapa de alturas del área de estudio.....	18
2. 4. Mapa geológico de la comuna de San Juan de la Costa.....	19

2.	5.	Mapa de la distribución espacial del Basamento Metamórfico (Serie Oriental y Serie Occidental).....	20
2.	6.	Mapa con capa de “erosión actual” del CIREN del 2010.....	25
2.	7.	Mapa ONEMI en caso de tsunami.....	29
2.	8.	Red hídrica de los principales ríos de las "Cuencas e islas entre Río Bueno y Río Puelo”.....	36
2.	9.	Mapa con sub-subcuencas DGA, sin actualización.....	38
2.	10.	Mapa con sub-subcuencas DGA 2014.....	38
2.	11.	Mapa de clasificación climática Köppen-Geiger.....	40
3.	1.	Interacción agua y principales sectores socioeconómicos.....	60
4.	1.	Mapa base de cartografía participativa, zona norte (A) y zona sur (B).....	74
4.	2.	Cartografía participativa hídrica entre los años 1990 al 2000.....	77
4.	3.	Cartografía participativa algas entre los años 2000 al 2022 (presente).....	82
4.	4.	Cartografía participativa mariscos entre los años 1980 al 1990.....	85
5.	1.	Ubicación de estaciones del SHOA.....	88
5.	2.	Puntos de extracción de información de la base de datos <i>Copernicus Marine Service</i>	98
5.	3.	Mapa de sub-subcuencas según DGA 2014.....	108
5.	4.	Microcuencas de los principales ríos que desembocan en el área de estudio.....	109
5.	5.	Mapa puntos de muestreo hídrico.....	111
5.	6.	Mapa ubicación estaciones registradas en DGAC.....	119
5.	7.	Mapas de densidad de cobertura.....	128
5.	8.	Mapas de monocultivos en registro de CONAF 2006 (A) y 2014 (B).....	129
5.	9.	Mapas de capacidad de uso de suelo.....	130
5.	10.	Mapas de ubicación de puntos de muestreo de suelo.....	131
5.	11.	Mapa con distribución de puntos pH en zona de recolección de muestras.....	134
5.	12.	Ubicación de cárcavas observadas en terreno.....	135

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía	Página
4. 1. Entrevista a Sra. Dory del Río, residente del sector de Pulamemo.....	67
4. 2. Apuntes de la comunidad (CP algas del 2000 al 2022) en mica transparente.....	74
5. 1. Tiras de papel tornasol MERCK usadas para análisis de pH en terreno.....	133
5. 2. Cárcava (2), en camino rural.....	137
5. 3. Cárcava (3) que atraviesa predio privado y camino principal.....	137
5. 4. Múltiples cárcavas en talud artificial (5).....	137
5. 5. Cárcava (9), en predio privado con praderas.....	137
5. 6. Cárcava permanente con régimen hídrico discontinuo.....	139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
2. 1. Valores promedio de parámetros químicos del suelo.....	24
2. 2. Categorización de los niveles promedio de los parámetros químicos de las muestras analizadas en la Región de los Lagos.....	25
2. 3. Matriz de evaluación del riesgo de inundación fluvial (peligrosidad).....	30
2. 4. Matriz de evaluación del riesgo de inundación fluvial (peligrosidad) aplicada al área de estudio.....	31
2. 5. Matriz de evaluación del riesgo de anegamiento (peligrosidad).....	31
2. 6. Eventos de Obstrucción de la red vial por causas naturales.....	33
2. 7. Catastro de vegetación de Pucatrihue y localidades aledañas.....	41
2. 8. Catastro de fauna marina de Pucatrihue y localidades aledañas.....	42
2. 9. Población dividida por sexo, según Censos 1992, 2002 y 2017.....	44
2. 10. Población por edades, según Censos 1992, 2002 y 2017.....	44
2. 11. Número de establecimientos de salud.....	45
2. 12. Tasas de natalidad, mortalidad y mortalidad infantil año 2016.....	45
2. 13. Número de trabajadores según tamaño de la empresa.....	46
2. 14. Número de trabajadores según rubro económico de la empresa.....	47
3. 1. Tipología de bienes, según variables de rivalidad y exclusión.....	51
3. 2. Componentes climáticos y su tiempo de respuesta.....	56
5. 1. Información entregada por el SHOA.....	89
5. 2. Líneas de tendencia TSM en las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral handar”, “Corral manual” y “Queule”.....	91
5. 3. Líneas de tendencia de presión atmosférica en las estaciones en estudio..	93
5. 4. Líneas de tendencia nivel del mar en las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral handar”, “Corral manual” y “Queule”.....	94
5. 5. Líneas de tendencia de temperatura aire de las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”.....	97
5. 6. Datos obtenidos en muestreo hídrico.....	112
5. 7. Precipitaciones máximas en 24 horas entre los años 1997 y 2002.....	114
5. 8. Precipitaciones registradas en la estación “Bahía Mansa” años 1997 y 2002.....	115
5. 9. Líneas de tendencia entre los años 1997 y 2002, estación DGA “Bahía Mansa”.....	115
5. 10. Comparación datos extraídos de la DGA vs datos extraídos desde CR2/Mawün.....	117
5. 11. Líneas de tendencia por fuentes y proyecciones CR2 Mawün.....	118
5. 12. Descripción estaciones disponibles en visor DGAC.....	120
5. 13. Descripción puntos de muestreo para análisis de pH.....	132
5. 14. Valores finales de pH con diferentes métodos de medición.....	133
5. 15. Recopilado de medidas de cárcavas en terreno.....	138
5. 16. Resumen de cálculo de volumen de suelo perdido e índice de disección.....	138
6. 1. Resumen de parámetros bio-geo-físicos o metodología aplicada y su tendencia predominante respecto al común hídrico.....	140

6.	2.	Resumen de parámetros bio-geo-físicos o metodología aplicada y su tendencia predominante respecto al común mariscos y algas.....	145
6.	3.	Resumen de parámetros bio-geo-físicos o metodología aplicada y su tendencia predominante respecto al común Bosque nativo.....	152

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
2. 1. Registro desembarque total Osorno.....	48
2. 2. Registro desembarque total X Región.....	49
2. 3. Registro desembarque total por ciudades.....	50
3. 1. Anomalías medidas de la temperatura global.....	59
3. 2. Catástrofes naturales relacionadas con el clima mundial clasificadas, 1980-2018.....	61
5. 1. Temperatura superficial del mar promedio mensual.....	90
5. 2. Temperatura superficial del mar diario (TSM) de estación Bahía Mansa....	90
5. 3. Temperatura superficial del mar (TSM) mensual con líneas de tendencia de estación Bahía Mansa.....	91
5. 4. Presión atmosférica (mbar) en las 3 estaciones en estudio.....	92
5. 5. Presión atmosférica (mbar) con líneas de tendencia por estación.....	93
5. 6. Nivel del mar (cm) para estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”...	94
5. 7. Temperatura del aire mensual para estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”.....	95
5. 8. Temperatura del aire anual para las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”.....	96
5. 9. Concentración de clorofila (chl).....	99
5. 10. Producción primaria neta de biomasa (Nppv).....	100
5. 11. Concentración molar de fitoplancton (Phyc).....	100
5. 12. Concentración molar nitrato (NO ₃).....	101
5. 13. Concentración molar de fosfato (PO ₄).....	102
5. 14. Concentración molar de sílice (Si).....	102
5. 15. Concentración molar de hierro (Fe) en mmol/m ³	103
5. 16. Nivel de pH.....	104
5. 17. Concentración molar de oxígeno disuelto (O ₂).....	105
5. 18. Temperatura potencial del fondo marino -bottomT- (A) y temperatura potencial del agua marina -thetao- (B).....	106
5. 19. Concentración de salinidad (PSU).....	107
5. 20. Caudal medio mensual (m ³ /s) estación río Tranallanquín o Contaco.....	110
5. 21. Precipitación mensual en la estación Bahía Mansa DGA.....	115
5. 22. Precipitación diaria en la estación Bahía Mansa DGA.....	116
5. 23. Precipitación mensual con datos extraídos desde (CR) ² Mawün.....	117
5. 24. Precipitación mensual con datos registrados en estaciones.....	121
5. 25. Temperatura promedio mensual.....	122
5. 26. Temperaturas máximas y mínimas de las estaciones (1) y (4).....	123
5. 27. Temperaturas máximas y mínimas de la estación (3).....	124
5. 28. Humedad relativa (HR) mensual.....	125
5. 29. Presión atmosférica estaciones “(1) Bahía Mansa” y “(4) Huacamapu”....	126

RESUMEN

El cambio climático se ha presentado como variaciones de largo a mediano plazo en lo que se refiere a patrones climáticos a nivel global, sin embargo, en los últimos años estos efectos han sido más perceptibles a escala local. Estos cambios pueden afectar el estado de los bienes comunes de una determinada zona, lo que conlleva efectos contraproducentes a nivel económico, ambiental y social. Debido a lo anterior, este trabajo se enfocó en estudiar los posibles parámetros bio-geo-físicos y variables condicionantes del entorno ambiental de los bienes comunes, para así evaluar los posibles efectos de la variabilidad climática (vinculados o no al cambio climático) y otros factores de interés en los cambios observados en los bienes comunes y su entorno, en la zona litoral de la comuna de San Juan de la Costa (Región de los Lagos, Chile), en las localidades de Caleta El Manzano, Choroy-Traiguén, Pucatrihue, Bahía Mansa y Maicolpué.

Se evaluó preliminarmente el estado de los principales bienes comunes, definidos por la comunidad del área en estudio, de acuerdo con el conocimiento local y una recopilación de antecedentes sobre los parámetros bio-geo-físicos que podrían afectarlos. Esto último se realizó según una perspectiva geológica y ambiental básica, por medio de una recopilación de observaciones en terreno, bases de datos nacionales (gubernamentales), bases de datos internacionales y estudios ambientales.

La información recopilada se agrupó según los ambientes de interés; siendo estos parámetros oceanográficos, fluviales, atmosféricos-meteorológicos, edafológicos, geomorfológicos (énfasis en la erosión) y productivos. Dependiendo de la base de datos, los datos se graficaron (p. ej. parámetros pluviales) o se presentaron en mapas (p. ej. cartografía participativa, parámetros geomorfológicos).

Los parámetros oceanográficos no explican por sí solos la disminución paulatina en el volumen y cantidad de recursos marinos descrita por los pobladores, sin embargo, los períodos anómalos en los datos coinciden con lo acusado por la comunidad como “eventos catastróficos”, por lo que, con la información disponible, es más probable atribuir este cambio en los comunes marinos a factores antrópicos como la sobrexplotación y no a factores oceanográficos a gran escala.

De las 5 microcuencas que desembocan en el área de estudio, solo hay información de la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco. Estos datos evidencian una disminución en el caudal del río. Algunas de las explicaciones podrían ser la disminución en las precipitaciones –más pronunciada desde el 2010– y al aumento de plantaciones forestales de monocultivo en la cabecera de la cuenca.

Hay un predominio de bosque nativo en el uso de suelo, siendo primordial su conservación para evitar un aumento en la erosión, como lo evidencia el aumento en la envergadura y número de cárcavas. Junto con lo anterior, cambios en el uso de suelo, pendientes abruptas y el aumento en de la urbanización, incrementa el riesgo a remociones en masa en zonas más pobladas.

Los estudios de pH del suelo indican un predominio de suelos ácidos a moderadamente ácidos en el área de estudio. Con excepción en las zonas de praderas y alledañas al estuario del río Llesquehue, donde son levemente más neutras. Esto probablemente se deba a la cantidad de materia orgánica, junto con la abundante lluvia del área. No hay una clara correlación entre los usos de suelo con el pH resultante.

A la escala en la que se enfocó el trabajo, hay una falta de información ambiental; escaso monitoreo hídrico a nivel de microcuenca y limitados estudios enfocados en riesgos geológicos e hídricos, esto a pesar de contar con un elevado índice de frecuencia de remociones en masa (derrumbes) y tormentas (marejadas), siendo fundamental el conocimiento local para complementar la información referente al estado y cambios de los bienes comunes en las últimas seis décadas, como también relevante para la identificación de parámetros condicionantes de estos comunes.

Finalmente se proponen recomendaciones para la mitigación y/o adaptación en la preservación y cuidado de los bienes comunes ante la variabilidad climática, además de explicar la necesidad de un estudio más detallado de la geología estructural de la zona costera de la comuna de San Juan de la Costa.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades y planteamiento del problema

Chile es susceptible a los impactos del cambio climático, debido a su geografía, a sus características socioeconómicas –elevado nivel de desigualdad–, y múltiples focos de vulnerabilidad ante riesgos geológicos (Arenas *et al.*, 2010; CEPAL & OCDE, 2016; UNESCO, ONU-Agua, 2020). Según el informe de CEPAL & OCDE (2016), se proyecta que el cambio climático no solo agravará el riesgo de inundaciones, sino también los episodios de calor extremo.

Si bien el cambio climático opera a nivel global, ya que toda la atmósfera y aguas superficiales del océano incorporan CO₂ y otros gases de manera homogénea, sus efectos son muy particulares a nivel local (IPCC, 2019), incluso dentro de una comuna o una microcuenca. En Chile hay efectos a lo largo del territorio continental y marítimo, pero con diferentes intensidades y frecuencias (IPCC, 2014).

Cabe destacar que dentro de los cambios producto de la acción humana, también se debe considerar la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables al momento de estudiar los efectos del cambio climático (Jiménez, 2007 en Serrano *et al.*, 2012). Considerando lo anterior, se define como variabilidad climática a las fluctuaciones alrededor de valores promedio en períodos de tiempo relativamente cortos (años), siendo valorada mediante la determinación de anomalías (Montealegre & Pabón, 2000).

Se ha planteado que el cambio climático podría provocar que los fenómenos de la variabilidad climática sean más extremos e intensos, siendo posible en los próximos años cambios en eventos climáticos o meteorológicos extremos asociados a los fenómenos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), acentuación riesgos geológicos (remociones en masa, inundaciones), alteración en la biota (debido a los cambios en el ambiente del cual dependen), daños en la salud e infraestructura urbana (Alzate *et al.*, 2015; MMA, 2017).

Considerando la escala temporal de este trabajo (últimos 60 años) y el posible impacto de los cambios ambientales dentro del área de estudio, se consideró los cambios vinculados al clima como variabilidad climática y no solo como efectos directos del cambio climático.

Dentro de los posibles afectados por la variabilidad climática, podrían ser los bienes comunes, ya que varían las condiciones ambientales en donde estos subsisten (Castilla, 2015). Los bienes comunes, son bienes que no son públicos ni privados (Flores-Xolocotzi, 2015), pueden ser consumidos por un número acotado de personas y no es posible apartar el uso o consumo a quien no "paga" por el acceso a estos (Ostrom, 2000; Ramis, 2013). En otras palabras, los bienes comunes corresponden a bienes materiales o inmateriales, que se encuentran en cantidades limitadas, son de libre acceso a la comunidad y sensibles ante amenazas y/o cambios abruptos en el ambiente. Por ejemplo, algunos bienes comunes son el bosque nativo, recursos marinos (algas y mariscos) vertientes, entre otros.

La comuna de San Juan de la Costa es conocida por tener una elevada vulnerabilidad social y antecedentes de sobrexplotación de bienes comunes, tanto de recursos marinos, como lo ocurrido durante la "Fiebre del Loco", y la tala de bosque nativo –con énfasis en la búsqueda de madera de alerce– para planes de urbanización (Gajardo & Ther, 2011; Subdere, 2012; Salazar, 2021). Considerando estos antecedentes, el presente trabajo busca la vinculación del posible efecto de la variabilidad climática, y otros factores (sociales, económicos, culturales, etc.) en el estado y cambios que han experimentado los bienes comunes de la zona litoral de la comuna en estudio.

Para poder cuantificar y evaluar el impacto de la variabilidad climática en el estado de los bienes comunes (a escala local, referente al área de estudio), se propone una evaluación de parámetros bio-geo-físicos y variables condicionantes del entorno ambiental, desde una perspectiva geológica en el estado de los bienes comunes del área en estudio. Junto con lo anterior, se busca vincular los cambios en la zona en las últimas seis décadas, con el conocimiento local en el uso, estado y cambios en bienes comunes de la zona, para así comprender la relevancia de la conservación de estos bienes, el entorno geológico y el medio ambiente en el cual están inmersos.

Actualmente en Chile no hay antecedentes de un trabajo similar que incorpore un estudio ambiental con una perspectiva geológica, y la percepción de la comunidad (conocimiento local) sobre bienes comunes –vinculados a su subsistencia–. Este trabajo propone una nueva perspectiva que interdigita un enfoque social aplicado en el campo de la geología, presentando una base de datos de variadas fuentes para futuros trabajos en la comuna de San Juan de la Costa.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Examinar el estado de los comunes y sus posibles amenazas a partir de parámetros bio-geo-físicos regionales y locales, con antecedentes cualitativos y cuantitativos en la comuna de San Juan de la Costa, en particular de las localidades de Caleta El Manzano, Pucatrihue, Bahía Mansa, Maicolpué y el sector de Pulamemo, en el contexto de la variabilidad climática en las últimas seis décadas con una perspectiva geológica ambiental básica.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los bienes comunes más relevantes para la comunidad en la zona costera de la comuna de San Juan de la Costa.
- Relacionar los bienes comunes con los parámetros bio-geo-físicos relevantes para una comprensión de variaciones ambientales en las últimas seis décadas.
- Describir y seleccionar los parámetros bio-geo-físicos determinantes en el estado de cada común y su relación con la variabilidad climática.
- Clasificar los parámetros según su relevancia en el diseño de la gobernanza y cuidado de los bienes comunes, afectados por la variabilidad climática.

1.3. Ubicación y accesos

El área de estudio abarca la zona costera centro-sur de la comuna de San Juan de la Costa, la cual corresponde a la provincia de Osorno, en la Región de los Lagos, Chile (figura 1.1.A y 1.1.B). La zona de trabajo se emplaza entre las latitudes 40°28'S a 40°37'S y longitudes entre los 73°40'W y 73°47'W. Las principales localidades en el sector, de norte a sur, son Caleta El Manzano, Pucatrihue, Bahía Mansa, Maicolpué y el sector de Pulamemo (figura 1.1.C).

Es relevante mencionar que las zonas más pobladas son Bahía Mansa, Pucatrihue y Maicolpué, además de ser los principales centros turísticos de la zona.

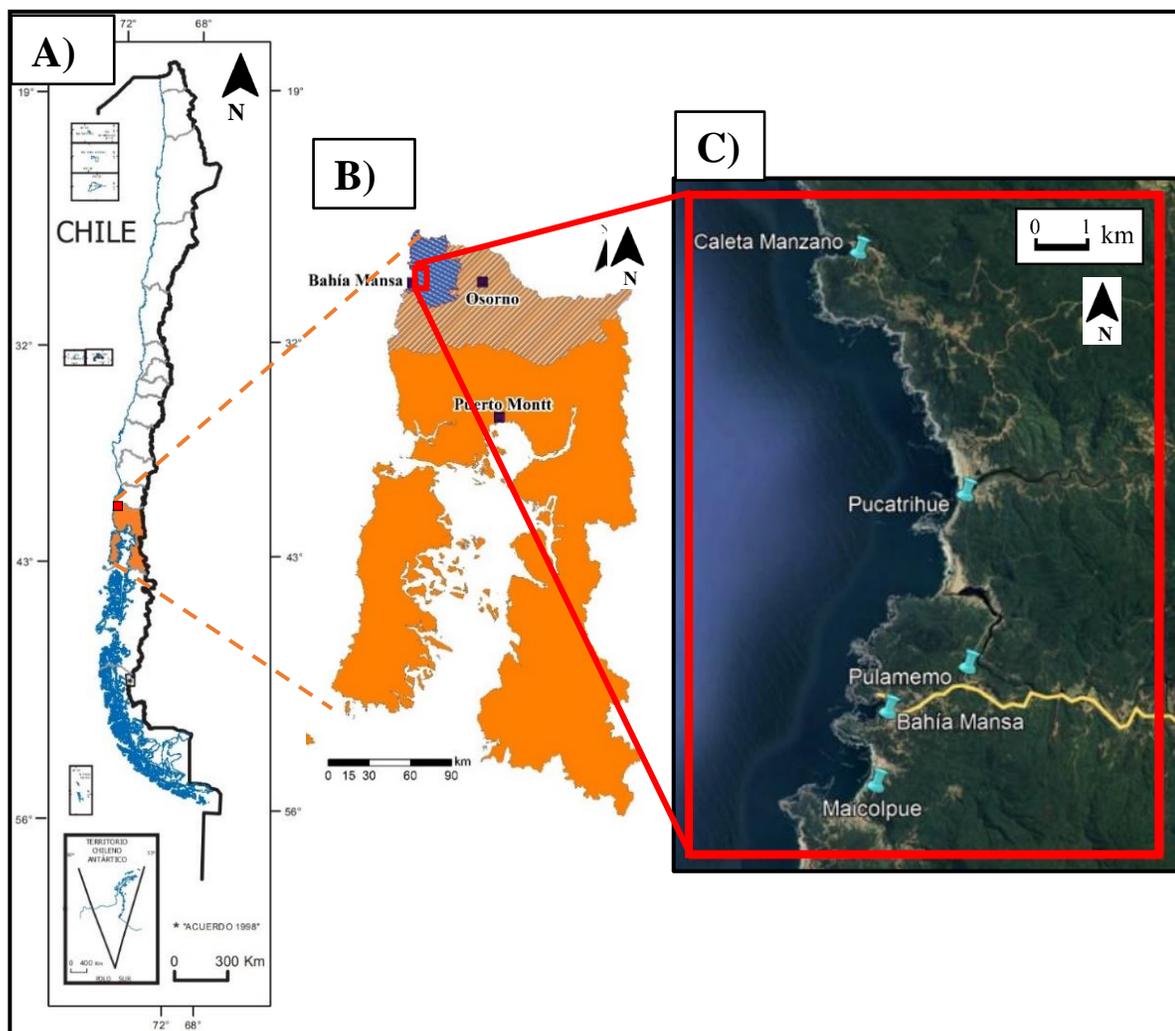


Figura 1.1: Mapa ubicación del área de estudio. (A) Mapa de Chile, se destaca la Región de los Lagos en color naranja y en rojo el área de estudio. (B) Mapa de la Región de los Lagos, achurado gris corresponde a la provincia de Osorno, achurado azul corresponde a la comuna de San Juan de la Costa y en rojo el área de estudio. (C) Área costera de la comuna de San Juan de la Costa y sus principales localidades, en el cuadro rojo se ubica el área de estudio y línea amarilla corresponde a la ruta U-40. Fuente: Elaboración propia.

Fuera del área de estudio, se ubica la localidad de Puaucho, donde se dispone la Municipalidad de la comuna de San Juan de la Costa (figura 1.1.B), la cual corresponde a un actor clave en el proyecto Anillos ACT210037 y la gobernanza de la comuna. Dicha zona geográfica no se considerará para análisis local en detalle para los parámetros bio-geo-físicos debido a su lejanía al área de estudio.

El acceso al área de estudio desde la ciudad de Osorno es por la ruta U-40 hacia el oeste (figura 1.2), este camino se encuentra pavimentado hacia las localidades de Pucatrihue, Bahía Mansa y Maicolpue. Los caminos hacia Caleta El Manzano y alrededores son de ripio y/o tierra, lo que dificulta el acceso en invierno y otoño.

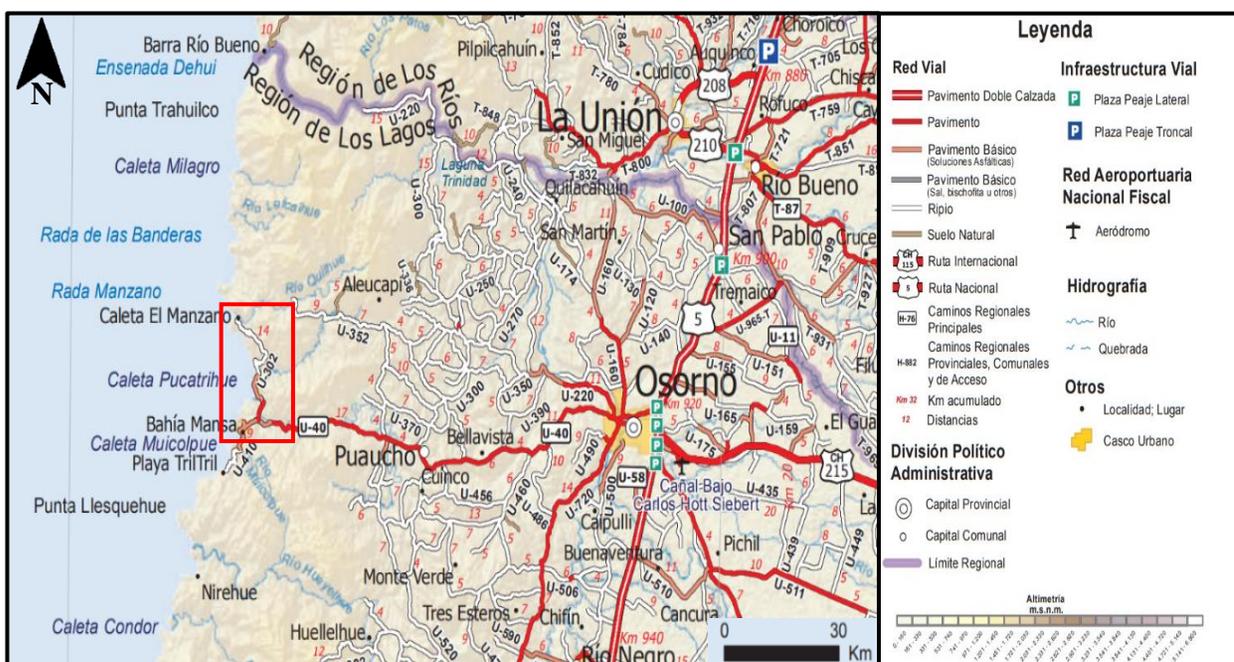


Figura 1.2: Mapa de accesos en la comuna de San Juan de la Costa. El área de estudio corresponde al recuadro rojo. Fuente: Modificado de MOP (2017).

1.4. Metodología de trabajo

Este trabajo vinculó la percepción de la comunidad respecto a los cambios percibidos en los últimos 60 años (en los bienes comunes y el entorno ambiental) junto con los registros de cambios ambientales desde bases de datos nacionales (gubernamentales), bases de datos internacionales, y revisión en terreno del estado de los bienes comunes en relación con el contexto ambiental y geológico. Con lo anterior en consideración, se definieron las siguientes etapas:

1.4.1. Etapa Gabinete I:

Revisión de antecedentes y eventos históricos destacados del área en estudio, con los cuales se hizo una primera selección de posibles bienes comunes de interés, y a partir de estos se realizó una recopilación bibliográfica de los posibles parámetros bio-geo-físicos determinantes por ambiente a los que estarían condicionados estos bienes comunes. Esta recopilación estuvo centrada en la búsqueda de información ambiental considerando geología, tipo de suelo, riesgos ambientales (p. ej. remociones en masa, inundaciones, anegamientos), cobertura vegetal, erosión, clima, entre otros.

1.4.2. Etapa Terreno I:

En conjunto con el equipo del Proyecto Anillo ACT210037, se efectuó el levantamiento de fichas en terreno, quienes por medio de diálogos y conversaciones con actores clave del área de estudio (recolectores de orilla, municipalidad, dirigentes vecinales, etc.), definieron los comunes a estudiar, cómo han variado en el tiempo y como la localidad los vincula con posibles factores ambientales –parámetros de interés–.

Posteriormente al levantamiento de las fichas, se efectuaron cartografías participativas (Braceras, 2012; Zambra-Álvarez *et al.*, 2016; Álvarez *et al.*, 2019) durante los laboratorios de codiseño, en los cuales se consultó a la comunidad –grupos de variados actores clave del territorio–, cuáles son los bienes comunes más relevantes en el área de estudio en tres rangos temporales, siendo estos 1980 al 1990, del 1990 al 2000 y del 2000 hasta el 2022. Las consultas se centraron en conocer cómo han cambiados los comunes en el tiempo, en qué ambiente o contexto ambiental están inmersos, cuáles son sus amenazas directas e indirectas y cuáles son los cuidados que se efectúan para su conservación.

Junto con lo anterior, se llevó a cabo el estudio de algunos comunes y parámetros bio-geo-físicos a evaluar en terreno, además de un primer levantamiento de datos geológico-ambientales (ubicación geográfica de los comunes, sedimentología, hidrología básica, uso de suelo y zonas propensas a riesgos geológicos).

1.4.3. Etapa Gabinete II:

Con la información recopilada en terreno (fichas de terreno, cartografía participativa y observaciones en terreno), se elaboraron mapas con la percepción de la comunidad, con el fin de visualizar los cambios experimentados por los bienes comunes en las décadas del 1980, 1990 y 2000-2022 (anexo II).

Junto con lo anterior se elaboró la selección definitiva de los bienes comunes a evaluar y los parámetros bio-geo-físicos determinantes para su estado. Dichos parámetros fueron complementados con información bibliográfica y bases de datos nacionales (gubernamentales) e internacionales. Junto con lo anterior, los parámetros se clasificaron según el ambiente del que dependían o estaban condicionados.

1.4.4. Etapa Terreno II:

Verificación en terreno de parámetros bio-geo-físicos y búsqueda de evidencias de erosión acelerada (cárcavas) que podría ocasionar pérdida de suelo y/o favorecer remociones en masa.

1.4.4.1. Parámetros hídricos *in situ*

Para la obtención de las variables o parámetros hídricos tales como pH (mVpH-pH), oxígeno disuelto (mVORP-%DO), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), sales disueltas totales (Tds), salinidad (PSU) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Por medio de un multiparámetro portátil modelo “HANNA-HI98194” y se aplicó el protocolo planteado por la DGA (2007) denominado “Manual de normas y procedimientos del departamento de conservación y protección de recursos hídricos”, con modificaciones para facilitar la recopilación de datos, aplicando los siguientes pasos:

- Calibración del multiparámetro antes de la salida a terreno y al finalizar la jornada diaria.
- Ubicación de la sonda lo más cercano posible al centro del río (caso ideal). Evitando lugares con abundante turbulencia (rápidos, remolinos, cascadas, saltos, etc.) y zonas con aguas estancadas –agua detenida, remansos, excesiva vegetación–.
- Precaución al tomar medidas de seguridad, lo más cerca posible de la corriente sin correr riesgos innecesarios, de modo de alcanzar de forma manual la zona de interés, en donde hubiera un flujo paralelo a la dirección principal.
- Introducir la sonda de 10 a 15 cm bajo la superficie.
- Esperar hasta que el instrumento se mantenga estable (mínimo 15 segundos sin cambiar sus valores).
- Los datos registrados en el multiparámetro fueron registrados con fotografía y en libreta de terreno, además de describir el entorno de la zona de muestreo (río, vertiente, pozo, etc.).

1.4.4.2. Análisis de pH en suelo

Para este análisis fue requerido la recolección de muestras de suelo por medio de tres metodologías distintas y complementarias, sirviendo para verificar posibles errores de muestreo.

Primero definir los puntos de interés para la recopilación de muestras, estos fueron seleccionados comparando las imágenes satelitales de *Google Earth Pro* y *SAS Planet*, accesos (camino y/o

rutas), zonas determinadas en la etapa de terreno I y usos de suelo de variados fines extraídos desde los *shapefiles* de la CONAF 2014 “Usos de suelo y cobertura vegetal actualización 2014”.

En terreno fue analizado el pH del suelo (durante la recolección de la muestra de suelo), utilizando tiras de papel tornasol de marca MERCK. Para la recolección de la muestra de suelo se aplicaron los siguientes pasos:

- Descripción básica de la zona donde se recolectará la muestra.
- Limpieza del área, al extraer la capa de hojarasca (hojas secas, restos de musgos, ramas). Generalmente es una capa liviana, también denominado tierra de hojas.
- Realizar el orificio con una profundidad de 15 a 20 cm.
- Se extrae la muestra con guantes de látex para no contaminar la muestra, y antes de recolectar la pala se introduce en la tierra varias veces para eliminar posibles contaminantes de puntos anteriores (procedimiento denominado como “ambientar”).
- En los suelos con abundantes clastos de tamaño grava (>2 mm), se utilizó un tamiz para separar la muestra recolectada, además de tener la precaución de recolectar la menor cantidad de materia orgánica y clastos posible.
- Las muestras ya recolectadas se refrigeraron para retardar la actividad microbiana y no alterar análisis posteriores.

De tres a cuatro días posteriores a la recolección de muestras, se procedió a realizar un análisis de pH a condiciones estables en el laboratorio de la facultad de química de la Universidad de Concepción. Por medio del uso de un peachímetro modelo “HANNA-HI9126” y metodología similar a la planteada por Sadzawka *et al.* (2006), se obtuvieron los valores de pH con el fin de asemejar las condiciones de la muestra en condiciones naturales, pero bajo un entorno acotado y evitar contaminación externa:

- Se preparó una suspensión de suelo con una proporción de muestra: agua a 1:2,5, es decir, 30 gramos de muestra con 75 ml de agua desionizada.
- La suspensión de suelo se agita vigorosamente con un agitador magnético por 5 minutos.
- Una vez finalizado la agitación se procede a introducir los electrodos del peachímetro (anteriormente calibrado bajo las condiciones del fabricante) y se registra el valor una vez estabilizado el instrumento.

Nota: se consideró estable cuando el pH medido en un período de 15 segundos varía en no más de 0,02 unidades. El tiempo requerido para la estabilización generalmente se demoró de 1 a 15 minutos, esto podría deberse a numerosos factores, como:

- El valor del pH (en suelos alcalinos es más complejo alcanzar la estabilización de la lectura del pH).
- La calidad y antigüedad del electrodo de vidrio (modelo de Hanna era antiguo).
- Las diferencias de pH entre las muestras de una serie.
- La mezcla de la suspensión antes de la medición de pH puede ayudar a lograr lecturas estables en un menor tiempo.

Posteriormente, el remanente de las muestras se pesó antes de ingresarlas a un horno de secado de convección natural marca “memmert GmbH” a una temperatura de 35 °C por un período de 24 horas. Luego del secado se volvieron a pesar para asegurar que no perdieran más del 10% de humedad (la mayoría perdió entre el 6-8% de humedad).

Una vez finalizado el secado se pasaron por un tamiz de 2 mm de apertura, con el fin de separar los clastos de tamaño grava y materia orgánica de la muestra a analizar. Después de la preparación de la muestra se procedió a analizar el pH nuevamente con el peachímetro modelo “HANNA-HI9126”, utilizando el protocolo de Zagal & Sadzawka (2007), el cual está basado en el protocolo propuesto por Sadzawka *et al.* (2006):

- Homogenizar la muestra por medio de cuarteo.
- Preparar una suspensión de suelo con una proporción de muestra: agua a 1:2,5, es decir, 30 gramos de muestra con 75 ml de agua desionizada.
- Agitar vigorosamente por 5 minutos y dejar reposar de 2 a 4 horas.
- La suspensión nuevamente se agita vigorosamente con un agitador magnético por 5 minutos, una vez finalizado la agitación se procede a introducir los electrodos del peachímetro (anteriormente calibrado bajo las condiciones del fabricante) y se registra el valor del pH con 2 decimales una vez estabilizado el número del pH en el instrumento.

1.4.4.3. Exploración y análisis de cárcavas

Primero se realizó una búsqueda de posibles cárcavas en el área de estudio por medio de imágenes satelitales en *Google Earth Pro* y *SAS Planet* para definir zonas de interés antes de la salida a terreno.

La exploración en terreno de cárcavas se realizó con énfasis en las zonas de caminos rurales, remociones o derrumbes recientes y zonas de afluentes de la red hídrica secundaria con poca vegetación, esto último evidencia zonas donde hay una pérdida de suelo –cárcava activa–.

Al calcular el Volumen de Suelo Perdido (VSP) y el Índice de Disección (ID) se utilizó la metodología propuesta por Toledo (2013) –simplificar la forma de la cárcava a un trapecio–, basada en la propuesta de Stocking & Murnaghan (2003) para el VSP y en la propuesta de Crouch & Blong (1989) para el ID.

Debido al tipo de suelo y las características de las cárcavas en el área de estudio, se consideró para el cálculo del VSP, la profundidad promedio de la cárcava como el promedio de las alturas de la cabecera y base de la cárcava.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el VSP utilizando la formula descrita a continuación:

$$VSP = \left(\frac{AC + AB}{2} \right) * \left(\frac{H + h}{2} \right) * LT$$

- VSP: Volumen de Suelo Perdido
- AC: Ancho Cabecera
- AB: Ancho Base
- H: Altura/profundidad cabecera
- h: Altura/profundidad base
- LT: Longitud Total

Respecto al cálculo del ID, la distribución de las medidas de la cárcava para el cálculo del perímetro aproximado se representa en la figura 1.3:

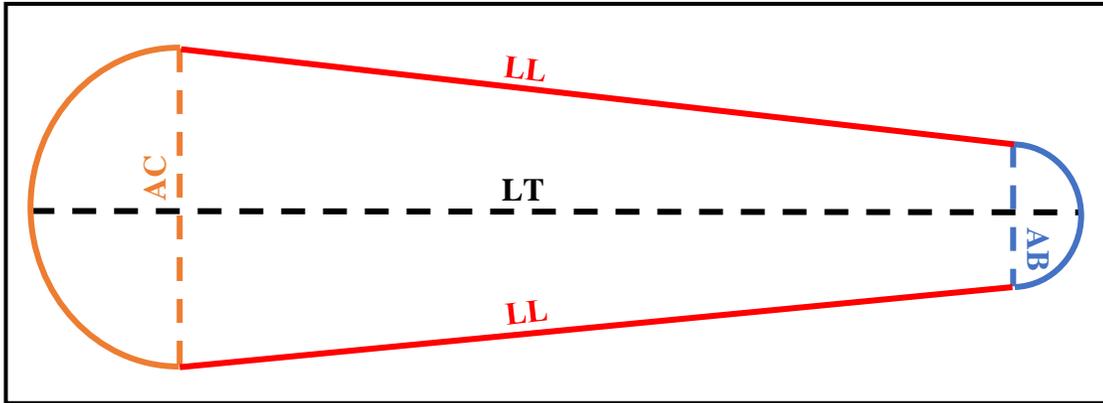


Figura 1.3: Perímetro aproximado de cárcavas para cálculo de ID. Ancho Cabecera (AC), Ancho Base (AB), Longitud Lateral (LL) y Longitud Total (LT). Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del ID corresponde al Perímetro Aproximado (PA) dividido en la longitud total ($ID=PA/LT$), en el cual se considera el perímetro de la cabecera y de la base como un semicírculo, además se consideró a π como 3,14. Al simplificar la fórmula con las consideraciones anteriores, esta resulta en la siguiente fórmula:

$$ID = \frac{4LT + (AC + AB) * (\pi - 2)}{2LT}$$

- ID: Índice de Disección
- AC: Ancho Cabecera
- AB: Ancho Base
- LT: Longitud Total

1.4.5. Etapa de Gabinete III:

Elaboración de mapas y representación gráfica de parámetros bio-geo-físicos y distribución de comunes, junto con su estado, por medio de herramientas SIG o gráficos dependiendo del tipo de datos analizados, con énfasis en evidenciar los posibles efectos de la variabilidad climática u otras amenazas hacia los comunes en las localidades costeras de la comuna de San Juan de la Costa, en función del tiempo (hasta seis décadas atrás, en caso de que los datos lo permitan).

Con lo anterior, se propusieron recomendaciones para la mitigación y/o adaptación en la preservación y cuidado de los bienes comunes respecto a la variabilidad climática, en las localidades más pobladas y zonas aledañas, de la zona litoral de la comuna de San Juan de la Costa.

1.5. Trabajos anteriores

En Chile no hay otro antecedente que aplique un enfoque geológico a los bienes comunes, debido a esto se consideraron metodologías de variadas disciplinas, que no eran necesariamente del área geológica, con el fin de estudiar el estado de alguno de los bienes comunes y sus condicionantes parámetros bio-geo-físicos. Como fue el caso del trabajo de Toledo (2013), respecto a los análisis de pérdida de suelo por cárcavas, el estudio de Braceras (2012) para la aplicación y uso de la cartografía participativa, el protocolo de análisis de pH del suelo planteado por Zagal & Sadzawka (2007), entre otros.

La zona litoral de la Comuna de San Juan de la Costa, es una zona de gran interés tanto social como medio ambiental, por lo que se han efectuado estudios anteriormente, pero más orientados en la comunidad y/o biota, como el trabajo de Salazar (2021), quien estudió los atractivos turísticos de Pucatrihue, para lo cual realizó un catastro detallado y extenso de la biota, junto con antecedentes históricos de dicha localidad.

Respecto a los antecedentes hídricos de la zona litoral de la comuna, no hay un registro detallado en la Dirección General de Aguas (DGA). Pero el exhaustivo estudio de Chacón (2021) sobre el Agua Potable de Bahía Mansa (APR), considera el estado del agua del río Tranallanquín o Contaco, lo que se utilizó como antecedente para comparar análisis hídricos.

Hay escasos registros de estudios técnicos dentro del área de estudio y zonas aledañas, referentes a casos específicos de remociones en masa, estos corresponden a los trabajos de Hauser (2007), Garrido & Derch (2014), Garrido (2015) y Mella (2017). Estos informes entregan sugerencias respecto al resguardo de algunos sectores, las cuales no hay sido aplicadas hasta la fecha.

Otros trabajos geológicos que consideran el área de estudio están enfocados a zonas de una importante extensión espacial (a nivel regional), por lo que no son representativos con la escala en la que este trabajo se desarrolló. Como es el caso de las rocas predominantes en la comuna, estas corresponden al Complejo Metamórfico de Bahía Mansa (CMBM), en donde la descripción de este complejo rocoso, se destacan los trabajos de Duhart *et al.* (2001), Pérez *et al.* (2003), Veas (2017) y Quezada (2015).

1.6. Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento al Proyecto anillo ACT210037 “Laboratorios de codiseño para el Cambio Climático: Gobernanza y cuidado de comunes en zonas costeras del centro sur de Chile”, por su apoyo moral y económico para el desarrollo de esta memoria, en especial a la profesora Verónica Oliveros quien siempre consideró mis opiniones y sugerencias durante todo el proceso, a Francisco Bastías por su paciencia y dedicación en su guía durante la elaboración de esta misma. También agradecer al equipo de trabajo del proyecto por su ayuda y confianza, en especial a los profesionales César Pérez y Bárbara Jerez.

Un reconocimiento especial al proyecto TanDEM-X DEM_GEOL0845, por la donación de los ráster TanDEM-X©DLR 2017, que fueron esenciales para este trabajo.

Agradecer a los profesionales docentes del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, por su guía y confianza que depositaron en mí, ya sea para el uso del laboratorio o el uso de instrumentaría. También agradecer a los técnicos y administrativos del departamento.

Cabe destacar la ayuda, tanto con metodologías y/u orientaciones recibidas por los profesionales anexos al proyecto, que dedicaron su tiempo y disposición para guiarme en temas nuevos para mí, dichos profesionales son Violeta Tolorza, Pamela Castillo, Sebastián Vásquez, Luis Moraga y Margarita Chiang.

Un especial reconocimiento a los pobladores de San Juan de la Costa, me que recibieron con cariño y compartieron sus vivencias, experiencias y anécdotas personales, como así también lo importante que es valorar la cultura y tradiciones de nuestros pueblos originarios.

Gracias a mis compañeros memoristas Carolina y Javier, por las interesantes conversaciones sobre el desarrollo del trabajo, apoyo en terreno y análisis de laboratorio.

Todo este trabajo fue posible gracias al apoyo incondicional de mi familia; a mi lela y mi tata con sus mimos y consejos, a mi hermanito con sus interesantes debates, a mi padre con su preocupación y cariño a la distancia, y a mi madre por su cariño infinito y siempre recordarme lo que de verdad importa.

¡GRACIAS!

2. CONTEXTO AMBIENTAL

2.1. Geomorfología

2.1.1. Geomorfología regional

La Región de los Lagos, según la clasificación de Börgel (1983) utilizada por el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH) perteneciente a la Dirección General de Aguas (DGA) del 2021, define las principales estructuras morfoestructurales presentes en la región de oeste a este como Planicie litoral, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia o Valle Central y la Cordillera de los Andes (figura 2.1).

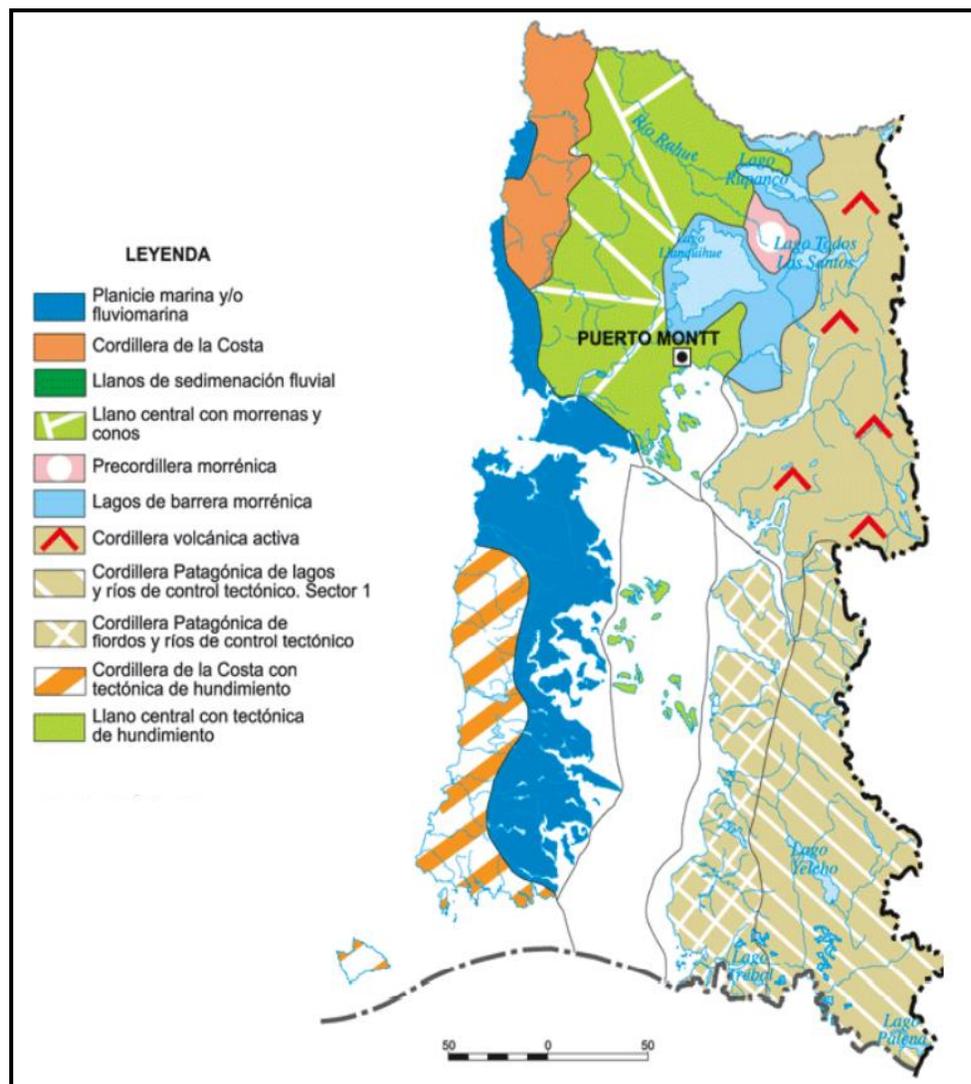


Figura 2.1: Mapa geomorfológico de la Región de los Lagos Fuente: Börgel (1983) en DGA (2021).

2.1.1.1. Planicie Litoral

Esta morfoestructura está conformada por planicies de predominio marino, y en zonas más acotadas de dominio fluviomarino (SITRural, 2020). Principalmente aflora al norte de la desembocadura del río Maullín donde su máxima extensión –paralela a la línea de costa– es de una longitud aproximada de 60 km. Hacia el sur del río Maullín esta zona se encuentra sumergida en el mar, luego vuelve a emerger en la zona sur occidental de la Isla de Chiloé y en la Península de Taitao (MOP, 2012).

Las planicies litorales de sedimentación fluviomarina se presentan estrechas en la comuna de San Juan de la Costa (SITRural, 2020).

2.1.1.2. Cordillera de la Costa

Rasgo orográfico del relieve chileno que se ubica al frente litoral, aflora desde el cerro Camaraca (949 m) al sur la ciudad de Arica, hasta la península de Taitao en el cerro Tres Montes (762 m) (Errázuriz *et al.*, 1998). Corresponde a un cordón montañoso de orientación NNE, conformado por cumbres aserradas y mesetas. En la Región de los Lagos se subdivide en tres secciones, las cuales presentan límites difusos y varían dependiendo del autor (Errázuriz *et al.*, 1998; Farías *et al.*, 2004; Pliscoff *et al.*, 2005; MOP, 2012; Veas, 2017), las características en que coinciden son las siguientes:

- Cordillera Pelada, a partir de la desembocadura del río Valdivia (Región de los Ríos) hasta la comuna de Fresia. Presenta un promedio de alturas de 550 m, con valores máximos cercanos a los 1.042 m.
- Cordillera del Zarao, desde la comuna de los Muermos hasta la ladera norte del Canal de Chacao. Las alturas no superan los 500 m y su relieve tiene un descenso gradual hasta la desembocadura del río Maullín.
- Cordillera de Piuchén, sector occidente de la Isla de Chiloé, desde la ladera sur del Canal de Chacao hasta el lago Cucao. Con relieves de hasta 300 m sobre el nivel del mar.

Esta cordillera es cortada por valles fluviales con una orientación preferencial de este a oeste, con pronunciados escarpes, evidenciando valles con una morfología en forma de V, los cuales se presume son originados por acción fluvial y no glacial (Quezada, 2015).

Todos los ríos desembocan en el Océano Pacífico, formando deltas o estuarios con barras transversales compuestas por dunas con orientación de norte a sur (Díaz-Naveas & Frutos, 2010).

2.1.1.3. Depresión Intermedia, Valle Central o Valle Longitudinal

Se dispone entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Principal, conforma una amplia zona deprimida, rellena principalmente por rocas sedimentarias terciarias, con una menor proporción de rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno. Estas rocas infrayacen a depósitos cuaternarios de origen glacial, glacifluvial, fluvial y piroclástico (Pérez *et al.*, 2003 & Veas, 2017).

Su morfología corresponde a un predominio de suaves lomas y planicies, estas últimas erosionadas por valles asociados a los principales ríos de la región (Veas, 2017). Presenta dos distribuciones que se segmentan a partir de la latitud 40°, descritas por el MOP (2012) y Veas (2017):

- Segmento norte, predominio de altitudes bajas (aproximadamente de 40 m), en la zona este abundan lagos de origen glacial de orientación este a oeste limitando con la Cordillera de los Andes.
- Segmento sur, sumergida en el seno de Reloncaví, pero como rasgo estructural, continúa sumergida en el mar hasta el golfo de Pena (Región de Aysén).

2.1.1.4. Cordillera de Los Andes o Cordillera Principal

Corresponde a la zona con mayor relieve de la región. Presenta una altura promedio de 2.000 m., exceptuando estratovolcanes, calderas volcánicas y centros efusivos cuaternarios que se ubican en los contrafuertes occidentales de la Cordillera Principal, sus alturas son de hasta 2.500 m (Veas, 2017; MOP, 2012). Hacia el este, se dispone el volcán Tronador, que alcanzan una altura de 3.451 m, y constituye la cumbre más alta en estas latitudes (Veas, 2017).

El relieve ha sido modelado por un sistema de erosión complejo, principalmente glacial, durante el Pleistoceno, que ha generado una disección profunda de valles, aprovechando zonas de debilidad estructural (Veas, 2017).

En el informe del MOP (2012), se plantea que el cordón de lagos existentes fue producto de la acción glaciovolcánica, producto de la obstrucción del curso natural de los ríos, que fue consecuencia del avance y retroceso de hielos en sentido oeste a este (morrenas), estos formaron cuencas que posteriormente se rellenaron con agua dulce. A la altura de Palena, la cadena de lagos

favoreció la formación de valles que posteriormente fueron cubierto por el mar, dando origen a los fiordos característicos de esta zona.

2.1.2. Geomorfología local

Tal como se observa en la figura 2.1, el área de estudio se encuentra inmersa en la morfoestructura Cordillera de la Costa, en donde predomina un relieve abrupto de fuertes pendientes laterales, consecuencia de la acción fluvial (Hauser, 2007; Salazar, 2021), ocasionada por los canales de los ríos principales en el área. La desembocadura del río Llesquehue y río Tranallanquín o Contaco forman los dos estuarios dentro del área en estudio (Salazar, 2021).

Para realizar la evaluación descrita a continuación, se elaboraron mapas a partir del ráster TanDEM-X©DLR 2017, el cual fue facilitado por proyecto TanDEM-X DEM_GEOL0845. Este ráster fue ingresado al programa “ArcMap 10.5”, con el cual fueron confeccionados mapas de alturas y pendientes.

Dentro del área de estudio, las zonas de mayor altura –al oeste del área– presentan elevaciones de hasta los 777,3 m s.n.m. En las cumbres de los cerros hay bajas pendientes –casi horizontales, mesetas–, con las alturas predominantes de 50 a 300 m s.n.m.

En toda la línea de costa predomina escarpes abruptos, siendo las zonas de litoral sin escarpes las playas de escaso ancho –no mayores de 30 m– y desembocaduras de los ríos del área en estudio.

La acción fluvial erosionó la Cordillera de la Costa con valles en forma de V, con pronunciadas laderas a los costados de los ríos. Debido a la litología presente (rocas metamórficas) se dificulta la erosión, y “encajona” la red hídrica en patrones rectangulares y rectos.

Las zonas más pobladas están ubicadas en zonas de elevada pendiente (>17,1% de inclinación) y a bajas alturas (cotas inferiores a 30 m s.n.m.). Esto implica un riesgo a la población, ya que aumenta la probabilidad de eventos como remociones en masa.

Todo lo expuesto anteriormente se observa en los mapas de las figuras 2.2 y 2.3.



Figura 2.2: Mapa de pendientes del área de estudio. Fuente: Elaboración Propia.

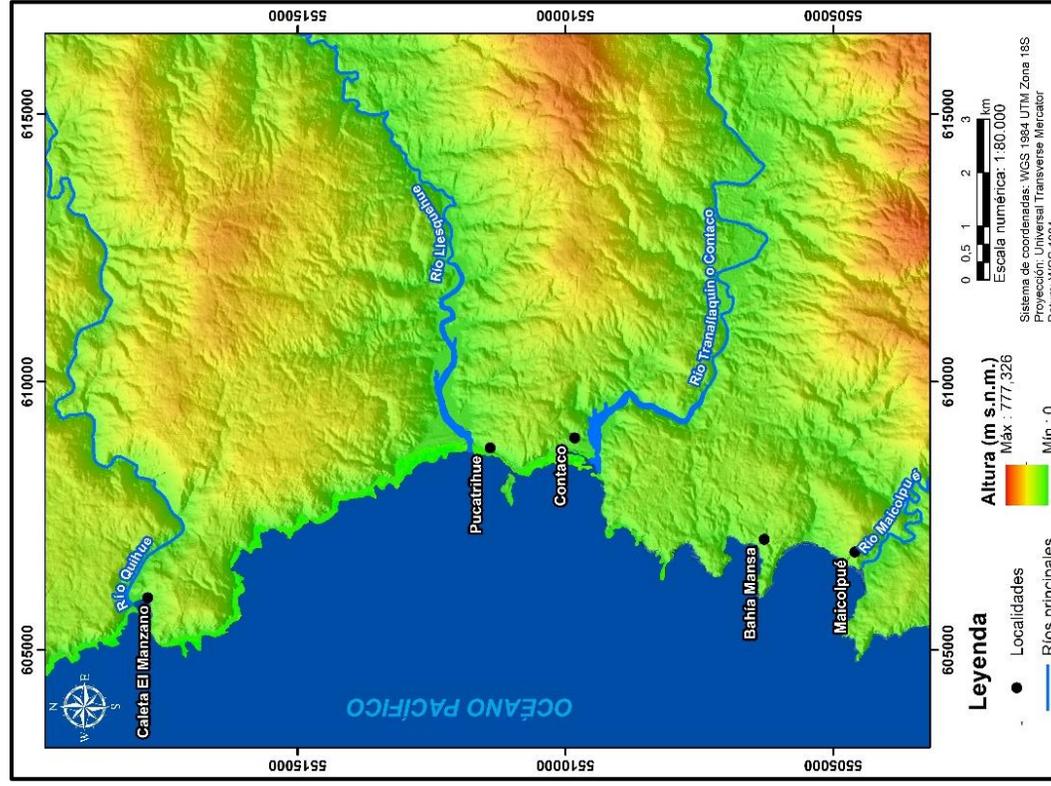


Figura 2.3: Mapa de alturas del área de estudio. Fuente: Elaboración Propia.

2.2. Marco geológico

2.2.1. Generalidades

En la comuna de San Juan de la Costa, Región de los Lagos, en la zona occidental afloran rocas metamórficas de grado bajo a intermedio (Gómez *et al.*, 2019) que conforman parte del Basamento Metamórfico (Vásquez, 2001; Quezada, 2015), y secuencias sedimentarias marinas transgresivas del Mioceno en la zona oriental (SERNAGEOMIN, 2003; Gómez *et al.*, 2019), junto con depósitos no consolidados del Cuaternario en los cauces fluviales (SERNAGEOMIN, 2003). Lo anterior se observa en el mapa geológico realizado el 2003 por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), tal como lo indica la figura 2.4.

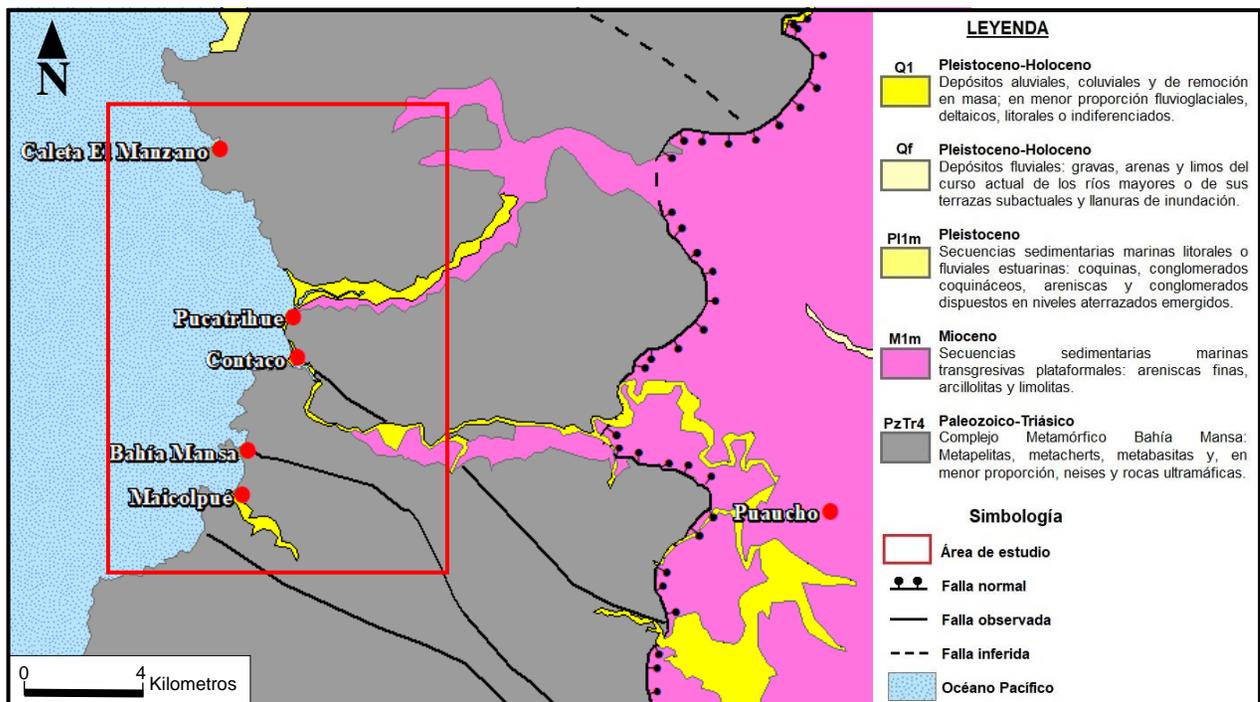


Figura 2.4: Mapa geológico de la comuna de San Juan de la Costa. Área de estudio dentro del recuadro rojo. Fuente: Modificado de mapa geológico de Chile del SERNAGEOMIN (2003).

2.2.2. Rocas metamórficas

2.2.2.1. Basamento Metamórfico (Paleozoico-Triásico)

Las rocas metamórficas que afloran en la Cordillera de la Costa en forma continua entre los 39° y 43°S (Aguirre *et al.*, 1972; Kato, 1985; Hervé 2007) pertenecer a la denominada Serie Occidental del Basamento Metamórfico (Aguirre *et al.*, 1972; Hervé, 1988 en Quezada, 2015).

El Basamento Metamórfico corresponde a un “cinturón metamórfico pareado” (Aguirre *et al.*, 1972) paralelo a la fosa y compuesto por meta-sedimentos siliciclásticos (Willner, 2005). Al ser dos series yuxtapuestas, presentan condiciones de metamorfismo distintas entre sí (Aguirre *et al.*, 1972). La distribución del espacial del Basamento se indica en la figura 2.5.

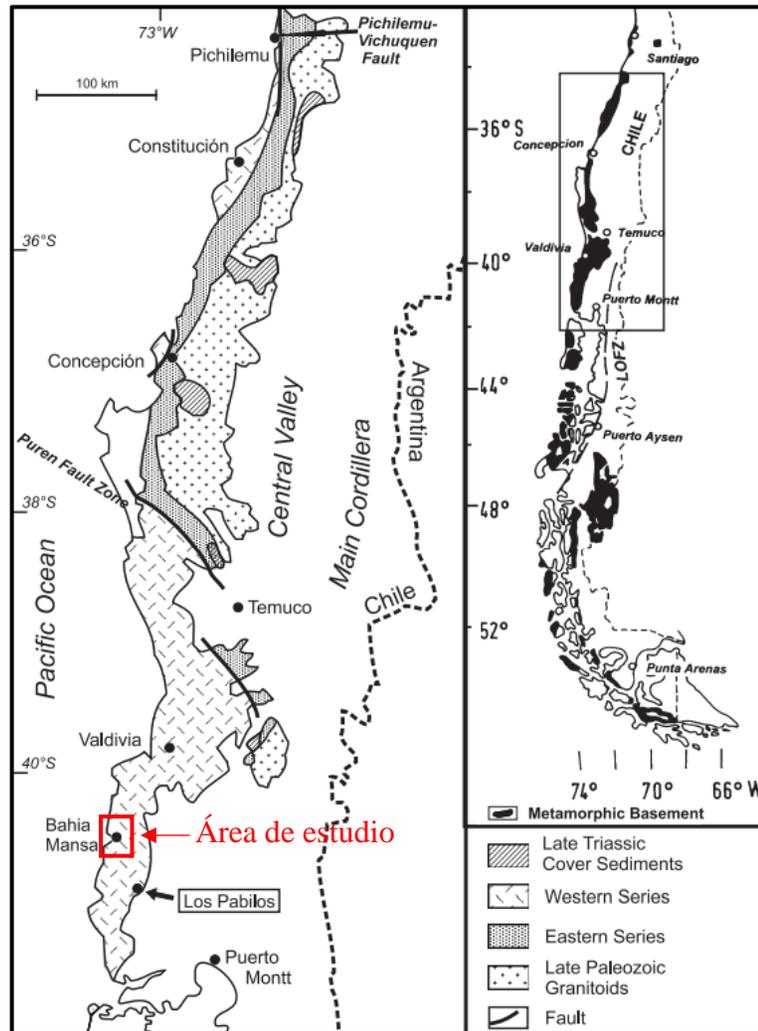


Figura 2.5: Mapa de la distribución espacial del Basamento Metamórfico (Serie Oriental y Serie Occidental).

Fuente: Modificado de Willner *et al.* (2004).

Diversos autores (Hervé, 1988; Aguirre *et al.*, 1972; Willner *et al.*, 2001; Romero, 2014) asocian esta unidad a un complejo acrecionario con dos sub-unidades (*sensu* Miyashiro, 1961 en Romero, 2014).

Este paleo-prisma de acreción se formó en el período comprendido entre el Paleozoico superior y el Triásico, producto de la subducción de la corteza oceánica bajo el margen suroeste de Gondwana (Hyppolito *et al.*, 2014).

2.2.2.2. Complejo Metamórfico Bahía Mansa –CMBM– (Devónico-Triásico)

Corresponde a una sección de la Serie Occidental del Basamento Metamórfico (Hervé et al., 2007). La litología que conforma al CMBM son esquistos pelíticos, metagrauvascas y esquistos máficos de afinidades oceánicas, con menor proporción de cuerpos máficos y ultramáficos tectónicamente emplazados, milonitas a ultramilonitas y escasos cuerpos intrusivos traquíticos e intercalaciones de metaignimbritas (Duhart *et al.*, 2001).

Las asociaciones de minerales metamórficos observados tanto en las secuencias metapelíticas como en las metavolcánicas indican que todo el conjunto litológico fue afectado por una fase de deformación y metamorfismo principal en la facies de esquistos verdes, de edades Pérmico-Triásico (obtenidas con la metodología de datación Ar-Ar y K-Ar), que ha obliterado completamente las características originales de las rocas, exhibiendo ellas una típica fábrica caracterizada por el desarrollo de foliación (Duhart *et al.*, 2001).

Mediante la aplicación de geotermómetros de clorita y de anfíbol-plagioclasa y de geobarómetros de anfíbol y fengita, Veas el 2017 concluyó que los esquistos máficos pertenecían a la facies anfíbolita, con un *peak* asociado cercano a 590 °C y 7,5 kbar, para luego retrogradar a la facies esquistos verdes; en cambio para los esquistos pelíticos, estos habrían alcanzado la facies esquistos verdes, grado de biotita, para luego retrogradar al grado de clorita, con un *peak* asociado cercano a 365°C y 6 kbar, es por esto que se determinó que los esquistos pelíticos estudiados representan niveles más someros del CMBM, mientras que los esquistos máficos representan un componente más profundo.

2.2.3. Rocas estratificadas

2.2.3.1. Cuenca Osorno-Llanquihue (Oligoceno? - Mioceno)

Las rocas que afloran al este del dominio de la Cordillera de la Costa, entre los 40° S y 41°30' S (DGA, 2021) y por consiguiente predominantemente al este de la comuna de San Juan de la Costa, son secuencias sedimentarias marinas transgresivas del Mioceno, compuestas principalmente por areniscas finas, arcillolitas y limolitas (SERNAGEOMIN, 2003).

De acuerdo con lo descrito por Quezada (2015), esta cuenta está constituida, de base a techo, por:

Estratos de Chequemó: unidad que sobreyace en inconformidad a rocas metamórficas pertenecientes al CMBM. Esta unidad corresponde a sedimentos depositados en un ambiente continental durante el Oligoceno superior al Mioceno inferior.

Formación Santo Domingo: Sobreyace e interdigitada en contacto transicional a los Estratos de Chequemó y en algunos sectores sobreyace en inconformidad al Basamento Metamórfico. Se depositó durante el Mioceno inferior al Mioceno. Dicha formación corresponde a depósitos marinos, compuestos de base a techo por conglomerados finos, areniscas conglomerádicas, areniscas y fangolitas, con clastos de líticos y cuarzo, con horizontes fosilíferos, de colores gris a pardo debido a la intensa meteorización (Pérez *et al.*, 2003).

Se encuentra fuertemente fracturada y con una característica meteorización esferoidal (Pérez *et al.*, 2003).

2.2.3.2. Depósitos Glaciares (Pleistoceno medio - superior)

Sobreyace la cuenca de Osorno-Llanquihue, corresponden a depósitos morrénicos no consolidados de origen glaciar, desde la glaciación más antigua hasta la más reciente son la Glaciación Caracol, Río Llico, Santa María y Llanquihué (Pérez *et al.*, 2003).

Pérez *et al.* (2003) describen que estas rocas están constituidas por gravas y bolones, mal seleccionadas y clastos muy a moderadamente meteorizados. Estos depósitos son matriz-soportados, con una matriz compuesta por limos y arcillas. Las zonas con gran cantidad de arcillas son aptas para el establecimiento de vertederos, eventualmente fuente de arcillas para uso industrial.

2.2.4. Depósitos no consolidados

2.2.4.1. Depósitos Fluviales Actuales (Holoceno)

Pérez *et al.* (2003) describen estos depósitos compuestos de gravas y arenas, depositados en los lechos de los ríos, donde constituyen las barras y terrazas más bajas de cursos fluviales activos, como los ríos Rahue, Pilmaiquén, Bueno y Llollehue. Los depósitos son clastosportados, moderadamente seleccionados y, en parte, imbricados, con una matriz arenosa localmente ausente. En su mayoría, los clastos se presentan subredondeados a bien redondeados.

En sectores donde el torrente es de escasa energía, las terrazas más bajas de los ríos, periódicamente inundadas, están constituidas de arenas y limos. Por lo que recurrentes inundaciones y cambios repentinos en la capacidad de transporte del caudal, son evidenciados en las interdigitaciones de arenas y limos con gravas. Estos depósitos son fuente de gravas y arenas utilizables como agregados en construcción y obras civiles (Pérez *et al.*, 2003).

2.2.5. Geología local

La información que sigue a continuación corresponde a la descripción de Hauser (2007), como respuesta a la solicitud de residentes locales al SERNAGEOMIN en la Subdirección Nacional de Geología por remociones en masa activas en la Ruta U-40 (camino principal que conecta Bahía Mansa y Osorno).

La geología dominante corresponde al basamento rocoso perteneciente al CMBM, que incluye esquisto pelítico y/o cuarcífero con intercalaciones de meta-arenitas y milonitas a ultramilonitas de color gris y aspecto cerroide, con foliación muy bien desarrollada.

El basamento rocoso es discontinuamente enmantado por depósitos coluviales, conformados por complejas mezclas macizas de materiales mal graduados, constituidos por fragmentos rocosos de diversa forma, tamaño y composición, englobadas en una abundante matriz fina limo arcillosa.

La cobertura local de suelos incluye materiales arcillosos a limo arcillosos de color rojizo a anaranjado, de acuerdo con perfiles con espesores en el rango de 1,5 a 2,0 m. Secos demuestran gran resistencia, mientras que con humedad suficiente denotan elevadas plasticidades y erosionabilidad (desarrollo de cárcavas). Esta particularidad le otorga al conjunto un elevado potencial para desarrollar inestabilidades, con desarrollo de remociones del tipo solifluxión o reptación lenta, a partir de laderas con pendientes naturales superiores a 35°.

En Maicolpué la litología predominante son esquistos pelíticos finos con niveles de cuarzo y depósitos coluviales asociados a los mismos (Mella, 2017), con un grado moderado de meteorización.

En las angostas, escuetas y pequeñas planicies costeras, se observan sedimentos terciarios y cuaternarios en la superficie, los cuales se han ido acumulando debido a la depositación de sedimentos que generan estos cursos de agua (Heinz y Karsten, 1995 en Salazar, 2021).

2.3. Edafología

2.3.1. Generalidades

La Edafología (del griego *edafos*, suelo, y *logia*, ciencia), corresponde al estudio del suelo, la capa más superficial de la corteza terrestre, resultado de la progresiva alteración física y química de un material original o roca madre a lo largo del tiempo, bajo condiciones climáticas y topográficas determinadas (Ortiz, 2015).

Ortiz (2015) describe que a lo largo de su evolución o edafogénesis, en el suelo se van diferenciando capas verticales de material generalmente no consolidado llamados horizontes, formados por constituyentes minerales y orgánicos, caracterizados por propiedades físico-químicas. El conjunto de horizontes constituye el perfil del suelo y su estudio permite dilucidar los procesos de formación y su evolución, llevando a cabo su clasificación dentro de las distintas unidades de suelos.

2.3.2. Registros actualizados del suelo en el área de estudio

La descripción más actualizada y cercana al área de estudio corresponde a la “Descripción de suelos, Materiales y Símbolos - Estudio Agrológico de la Provincia de Osorno, X Región” (CIREN, 2000), en la cual se define la serie Bahía Mansa como suelos moderadamente profundos, formados por la meteorización de roca metamórfica (filitas altamente meteorizadas). Se ubica en topografías de lomajes afectados por procesos erosivos, principalmente en formación de cárcavas, a una altura de 175 a 200 m s.n.m. La permeabilidad es moderada y bien drenada.

El estado del suelo fue estudiado por Cartes (2020) usando el programa SIRSD-S, los resultados de valores promedio de parámetros químicos en la comuna de San Juan de la Costa están representados en la tabla 2.1 y los valores a nivel regional con su categoría en la tabla 2.2:

Tabla 2.1: Valores promedio de parámetros químicos del suelo. Fuente: Cartes (2020).

Comuna / Variable	pH agua	M.O. (%)	P Olsen (mg kg ⁻¹)	Al Ext (mg kg ⁻¹)	Ca Int. (cmol+ kg ⁻¹)	Mg Int. (cmol+ kg ⁻¹)	K Int. (cmol+ kg ⁻¹)	Na Int. (cmol+ kg ⁻¹)	Al Int. (cmol+ kg ⁻¹)	Sum Bases	Sat Al (%)
San Juan de la Costa	5,7	11,7	11,2	879,8	9,44	2,29	1,25	0,15	0,89	13,13	8,26

Tabla 2.2: Categorización de los niveles promedio de los parámetros químicos de las muestras analizadas en la Región de los Lagos. Fuente: Cartes (2020).

Región	Parámetro químico	Categoría
De los Lagos	Suma de bases (9.86)	Medio
	pH (5.6)	Moderadamente ácido
	Saturación Al (2.69)	Bajo
	P (19.8)	Medio
	Ca intercambiable (7.69)	Medio
	Mg intercambiable (1.43)	Alto
	K intercambiable (0.57)	Alto

2.3.3. Erosión acelerada (cárcavas)

A nivel comunal y en el área en estudio, se observan significativos procesos de erosión, tal como lo indica el registro del CIREN del 2000 y los *shapefiles* de erosión correspondientes al registro del CIREN del 2010, extraídos desde el Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF), este último indica las áreas afectadas por la erosión y su grado de desarrollo (figura 2.6).

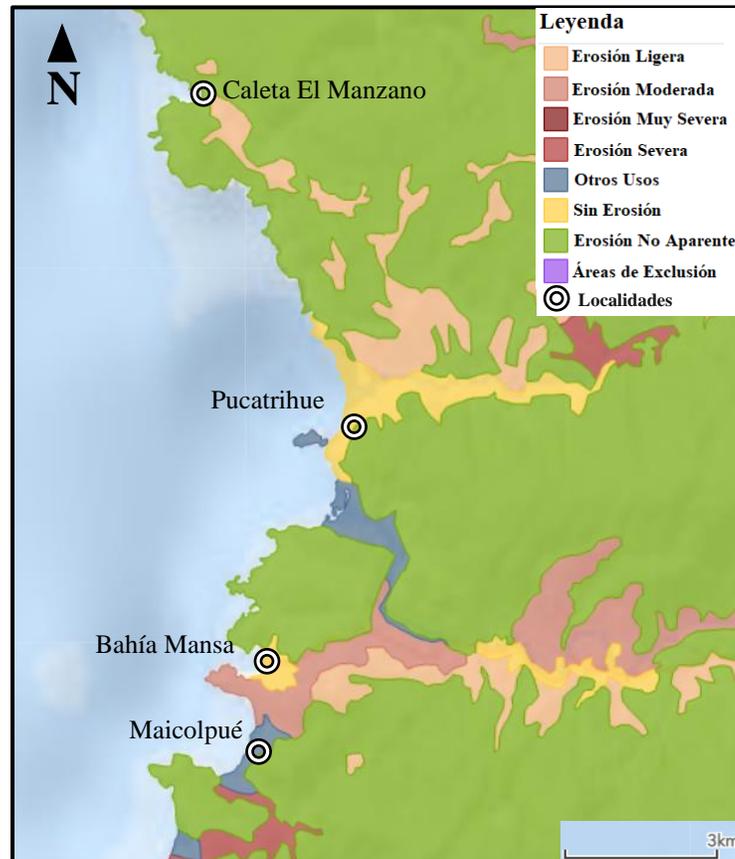


Figura 2.6: Mapa con capa de “erosión actual” del CIREN del 2010. Fuente: Modificado de SIMEF (2022).

El impacto de la erosión es significativo para la calidad y cantidad de suelo, hay que considerar al suelo como un recurso degradable y no renovable a corto plazo puesto que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta (Ortiz, 2015); puede demorar desde 100 hasta 75.000 años para su completa formación, dependiendo del tipo de suelo (Hernández *et al.*, 2006).

Una de las formas de reconocer erosión acelerada es la formación de cárcavas o erosión en cárcavas. Estas corresponden a incisiones en el sustrato o suelo (material no consolidado), que lleva un flujo de agua solo durante e inmediatamente después de fuertes precipitaciones o deshielos; son de mayor tamaño y profundidad que un riachuelo o un arroyo (Osterkamp, 2008). Bravo-Espinosa *et al.* (2012), atribuyen su formación a factores físicos (intensidad y cantidad de precipitaciones, topografía del área, cubierta vegetal, etc.) y a las actividades antropogénicas (uso inapropiado del suelo y de la cubierta vegetal).

Gómez *et al.* (2011), clasifican las cárcavas en efímeras y permanentes. Las cárcavas efímeras pueden ser eliminadas y aparecen ligadas a terrenos agrícolas, lo cual hace que presenten dimensiones en torno a los 0,5 m de profundidad. En cambio, las cárcavas permanentes suponen estructuras que no pueden ser eliminadas mediante procedimientos convencionales de laboreo y son de importantes dimensiones.

En la erosión por cárcavas, el escurrimiento superficial es pervasivo, dando lugar a surcos o cárcavas que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como altitudinal. Debido a la movilización de sedimento que producen, ocasiona una pérdida de productividad del terreno afectado (Casalí *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2007).

Delgado *et al.* (2017) y Ovalle (2020), explican que una forma de limitar el desarrollo de una cárcava y la erosión es resguardar la cobertura vegetal. La cobertura disminuye la disgregación del sustrato, como también reduce la intensidad de las precipitaciones en la superficie del suelo, aumentando la capacidad de infiltración retardando el flujo en superficie, y así disminuyendo la escorrentía y con ello la erosión. Cabe destacar que la infiltración y el escurrimiento dependen de las condiciones de la superficie del suelo, del contenido de agua y de su conductividad hidráulica.

Díaz *et al.* (2012) demostraron que la restauración de terrenos afectados por cárcavas requiere de elevadas inversiones, siendo la prevención mediante el mantenimiento de cubiertas vegetales, una medida efectiva a mediano y largo plazo. Por lo anterior, se sugiere la instalación de diques, los

cuales frenan la erosión en el cauce reteniendo los sedimentos que se escurren, y así controlando el avance de las cárcavas de forma temporal, hasta que la vegetación se desarrolle y empiece a cumplir eficazmente su función protectora del suelo.

2.4. Riesgos geológicos

2.4.1. Generalidades

Chile es susceptible a una gama de peligros naturales, tales como amenazas geológicas (terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, remociones en masa, etc.), hidrometeorológicas (inundaciones, aluviones, marejadas, etc.), y biológicas (hantavirus, floramiento de algas nocivas). Normalmente, la potencial ocurrencia de desastres naturales se relaciona con la ocupación de territorios en riesgo, lo que afecta principalmente a la población de escasos recursos, en donde las zonas en que sus pérdidas son proporcionalmente mayores y su capacidad de recuperación más limitada (UN-ISDR, 2004 en Arenas *et al.*, 2010).

Arenas *et al.* (2010) acentúan que tanto la geografía y la realidad espacial de la ocupación – vinculados en la ocupación irregular y desprovista de una rigurosa planificación territorial–, combinados con focos de vulnerabilidad, incrementan los niveles de riesgos ante desastres naturales. Debido a puntos de vista culturales, sociales y económicos, se hace un uso inadecuado del espacio geográfico; en reiteradas ocasiones no se considera la dinámica natural del área y frecuentemente se minimiza el riesgo y las amenazas naturales.

Como consecuencia del explosivo crecimiento demográfico, de la concentración de la población en ciudades y de las condiciones caóticas del proceso de urbanización, se prevé un incremento cada vez mayor de los niveles de riesgo natural y por lo tanto de la ocurrencia de desastres (Mardones & Vidal, 2001).

A diferencia de los estándares de construcción antisísmica en Chile, la falta de una legislación adecuada para un conjunto de otras amenazas naturales se traduce en la materialización de construcciones en terrenos expuestos a diferentes tipos de peligros (Lagos *et al.*, 2008; Del campo, 2023).

Es importante la generación, desarrollo e implementación de planes de emergencia con un enfoque preventivo en comunidades expuestas a estas amenazas, para lo cual es fundamental estudios

técnicos, identificar la población en peligro y determinar zonas seguras, con el objetivo de incluir la evaluación de riesgos asociados a estos procesos en los instrumentos de planificación territorial (Marín *et al.*, 2018).

En la comuna de San Juan de la Costa, los riesgos naturales más probables debido al relieve, condiciones climáticas y ubicación de las viviendas son los siguientes:

2.4.2. Sismos y Tsunamis

Chile al igual que otros países ubicados en la costa del pacífico, se encuentra dentro del llamado cinturón de fuego, éste se caracteriza por las zonas de subducción –convergencia de dos placas tectónicas–, entre la placa Sudamericana y placa de Nazca. Esta convergencia se traduce en la acumulación de energía, la cual, en un momento determinado, al deslizarse las placas, se liberará bajo la forma de un terremoto (Jardin, 2013).

El mayor terremoto registrado en Chile corresponde al ocurrido en el estuario de Valdivia en 1960, de magnitud 9.5 en la escala de Richter, que a su vez también desencadenó un *tsunami* y una subsidencia cosísmica regional de 1 a 2 m (Nelson *et al.*, 2009). Las olas marinas sísmicas, generalmente denominadas con la palabra japonesa “*tsunami*”, son formadas por fuertes terremotos o grandes deslizamientos submarinos en el mar o costa. La velocidad de la ola en expansión depende de la profundidad de la cuenca oceánica, en grandes cuencas oceánicas pueden alcanzar velocidades medias de 700 km/h (Bertz *et al.*, 2001).

El plan específico de emergencia vinculado al riesgo de *tsunami* de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) publicado en 01/02/2018, considera como zona segura las áreas superiores a la altura de la cota de 30 m s.n.m. Siguiendo la recomendación internacional dada por el *International Tsunami Information Center (ITIC)*. Por ello las áreas de riesgo por inundación por tsunami son definidas entre la línea de costa y la cota de 30 m s.n.m. Tal como lo indica el mapa de la figura 2.7.

En las zonas más pobladas del área en estudio hay señaléticas que indican zonas de inundación en caso de tsunami, pero existe una importante densidad de viviendas construidas bajo la cota de los 30 m s.n.m. Principalmente en las localidades de Pucatrihue y Maicolpué.

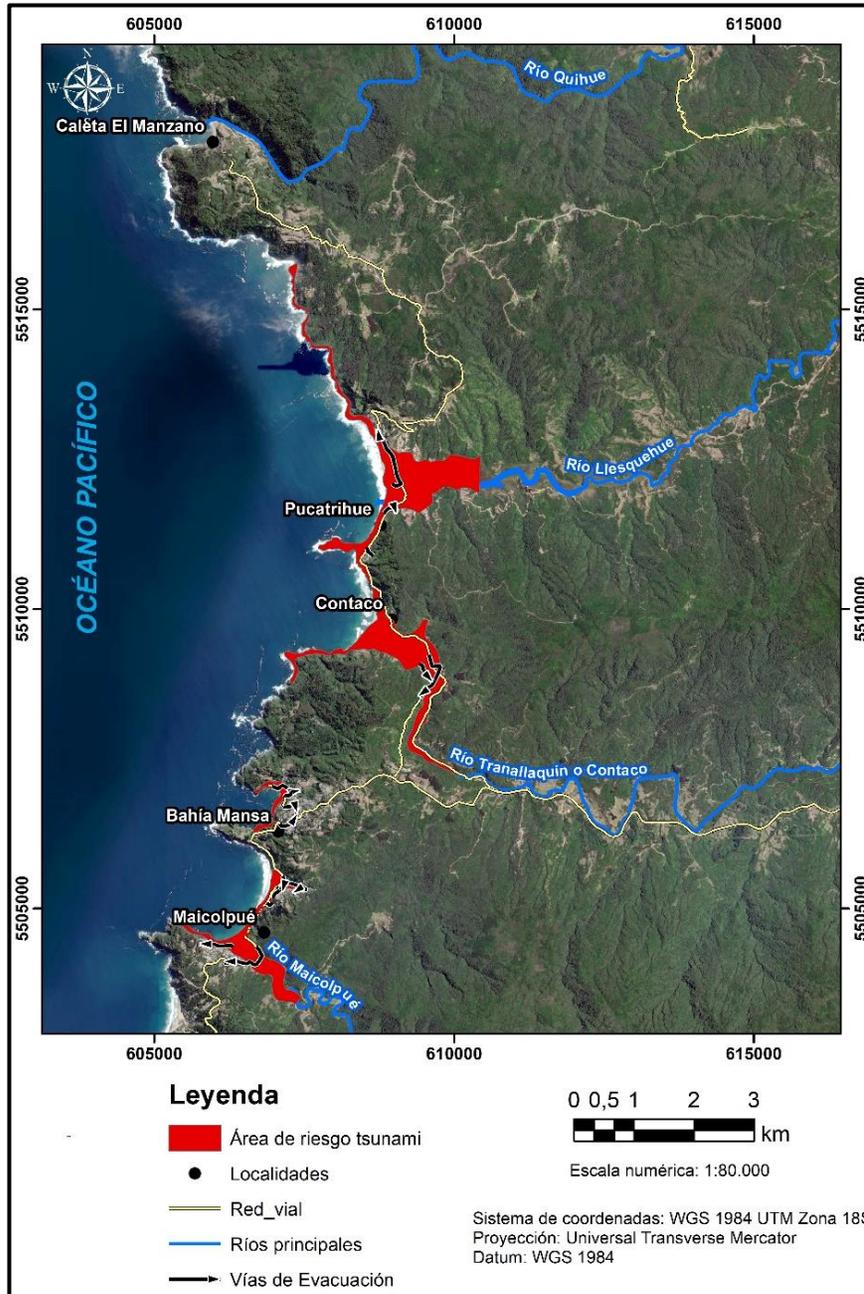


Figura 2.7: Mapa ONEMI en caso de tsunami. Shapefiles de cota 30 m s.n.m. Extraídos desde visor “Chile Preparado Versión 1.6, año 2022”. Fuente: Elaboración propia.

En el área de estudio hay una amplia gama de factores de riesgo antes sismos, tales como el tipo de litología predominante en la zona son rocas metamórficas con un grado moderado a pervasivo de alteración (y en menor medida depósitos no consolidados fluviales), laderas abruptas –elevados ángulos de pendiente– y abundantes drenajes o redes hídricas secundarias. Estos factores podrían favorecer el colapso de las laderas durante un evento sísmico, lo que podría desencadenar remociones en masa, como caídas de bloques, deslizamientos de laderas y/o eventos de reptación.

2.4.3. Inundaciones

Las inundaciones fluviales corresponden a la invasión de un sector por el escurrimiento descontrolado de un flujo hídrico debido a la crecida de este, las aguas desbordan su cauce habitual, invaden el lecho mayor del río, junto con sus llanuras de inundación y terrazas inferiores, lugar donde decantan los aluviones generalmente finos (Mardones & Vidal, 2001).

La vegetación brinda un grado de protección ante inundaciones de baja envergadura. Debido a que aumenta la capacidad de infiltración de los suelos, retardando el flujo en superficie, dando de este modo, tiempo adicional al agua para penetrar al suelo. Este efecto depende de la profundidad de las raíces, tipo de suelo y de la naturaleza de la vegetación (Delgado *et al.*, 2017).

El crecimiento de los principales centros urbanos y la generalizada disminución de la cobertura vegetal en las zonas periféricas de las ciudades ha provocado una disminución del porcentaje de la lluvia que se infiltra en forma natural, aumentando por consiguiente los caudales que deben ser absorbidos por los colectores de aguas lluvias y los cauces existentes (Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores Ltda., 2004). Esto favorece la ocurrencia de inundaciones principalmente en períodos invernales, donde las precipitaciones son más intensas, ocasionando desbordes de cursos de aguas, como esteros cercanos y anegamientos en zonas urbanas (SITRural, 2020).

Mardones & Vidal (2001), asocian la ocurrencia de inundaciones a los siguientes factores: la topografía y morfometría de pendientes, características geomorfológicas y sedimentológicas del entorno del lecho, influencia antrópica en las riberas del río, factores externos –intensidad de lluvia–, características hidrológicas y estado del suelo y de la vegetación de la cuenca de drenaje. Considerando los factores anteriormente mencionados, estos autores evalúan el posible grado de peligrosidad de las inundaciones con los factores planteados en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Matriz de evaluación del riesgo de inundación fluvial (peligrosidad). Fuente: Modificado de Mardones & Vidal (2001).

Evaluación /factores	1	2	3
Topografía	> 8 m	7-8 m	< 7 m
Morfología	Terraza fluvial superior Cordones montañosos Plataformas	Terraza fluvial media	Terraza fluvial inferior Llanura de inundación
Litología (tipo de sedimento)	Arenas medias a gruesas	Arenas finas	Limos y arcillas
Antrópicos	Riberas totalmente protegidas	Riberas medianamente protegidas	Riberas explotadas y desprotegidas

Aplicando los criterios de la tabla 2.3 en las zonas aledañas a las desembocaduras de los ríos principales en el área de estudio, fue posible determinar las zonas con un mayor riesgo, tal como se detalla en la tabla 2.4 (valores más elevados indican una mayor probabilidad de acontecer inundaciones), siendo estas las áreas circundantes al río Tranallanquín o Contaco y el río Llesquehue, cabe destacar que son las zonas más pobladas en el área, seguidas de la localidad de Maicolpué.

Tabla 2.4: Matriz de evaluación del riesgo de inundación fluvial (peligrosidad) aplicada al área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Río / Evaluación por factor	Topografía	Morfología	Litología (tipo de sedimento)	Antrópicos	Suma
Quihue	1	1	1	2	5
Llesquehue	3	1	2	3	9
Tranallanquín o Contaco	3	2	2	2	9
Maicolpué	2	2	2-3	2	8-9

2.4.4. Anegamientos

Mardones & Vidal (2001) describen este fenómeno como la acumulación de volumen agua/lluvia sobre la superficie del suelo. Este proceso obedece a una serie de factores naturales y antrópicos (tabla 2.5) entre los que destacan: las características pluviométricas (intensidad de lluvia diaria), las características físicas del suelo y subsuelo –presencia de sedimentos impermeables que limitan la capacidad del suelo para infiltrar–, y sectores morfológicamente deprimidos con pendientes débiles o nulas.

Tabla 2.5: Matriz de evaluación del riesgo de anegamiento (peligrosidad). Fuente: Modificado de Mardones & Vidal (2001).

Evaluación /factores	1	2	3
Litología (tipo de sedimento)	Arenas medias-gruesas, suelo permeable	Arenas finas	Limos, arcillas, roca o suelo impermeable
Pendiente	> 1°	1° - 0,1°	< 0,1°
Morfología	Plataformas, cordones y escarpes rocosos	Terraza media	Paleocauce, terraza inferior, depresión interdunaria
Obstrucciones naturales/artificiales	Sin obstrucciones	Obstrucción débil	Obstrucción total

Jiménez (2015) plantea que, si bien el factor detonante del proceso de anegamiento corresponde a las características pluviométricas, el factor antrópico cada vez adquiere más relevancia y contribuye como una creciente amenaza –considerando la amplia expansión poco regulada de las

urbes–, esto es debido a que la urbanización mal planificada con frecuencia lleva a la construcción de asentamientos en llanuras y áreas inundables en las costas. Esto conlleva a cambios en los sistemas hídricos naturales, tales como incrementos en los coeficientes de escorrentía, cambios en la geometría y densidad del drenaje.

Otras acciones antrópicas que desencadenan anegamientos y que tienen relación con su intervención en los sistemas de drenajes corresponden a: rellenos artificiales o construcciones que obstruyan el drenaje, cambios en morfología de los paleocauces e impermeabilización del suelo debido a la pavimentación (Mardones y Vidal, 2001).

Para mitigar este efecto causado por la acción antrópica, se requiere una planificación territorial eficiente que controle la edificación en zonas vulnerables, impidiendo de esta manera la impermeabilización de los suelos y la pérdida de la capa vegetal encargada de retener los milímetros de las precipitaciones (Jiménez, 2015).

Una acción concreta que se podría llevar a cabo son los *Buffers* riparianos o amortiguadores ribereños, estos son franjas vegetales que se desarrollan a lo largo de las riberas de ríos y arroyos (Romero & Vásquez, 2005). Estos cubrirían las zonas de interfase entre las áreas cubiertas por el curso del agua y los terrenos emergidos que los rodean, de tal manera de impedir la ocupación urbana sobre ellas en forma obligatoria y definitiva (Vidal & Romero, 2010).

2.4.5. Remociones en masa

Cruden (1991) define las remociones en masa como movimientos cuesta abajo de una masa rocosa, detritos o suelos, propiciados por acción de la gravedad. El origen de estos es variado, combinando factores geológicos, morfológicos, físicos, además de la acción humana (Cruden & Varnes, 1996), siendo el factor sísmico y las fuertes precipitaciones las principales y más comunes (Cruden, 1991; Marín *et al.*, 2018).

Marín *et al.* (2018) explican que los procesos de remociones en masa son bastante complejos, y han sido consecuencia de varios eventos que han involucrado vidas humanas. En Chile, entre los años 1928 y 2017, fueron contabilizadas 1.010 víctimas fatales por acción de estos movimientos, siendo 882 fallecidos y 128 desaparecidos. El estudio de estos eventos determinó como principal factor desencadenante a las lluvias, siendo el segundo más alto los sismos.

Hauser (2007) al estudiar la ruta U-40 (camino principal entre Osorno y Bahía Mansa), describió la cobertura local de suelo con un predominio de materiales arcillosos a limoarcillosos, con perfiles de espesores entre 1,5 a 2,0 m. Este tipo de suelo en zonas secas presentan gran resistencia, mientras que con humedad suficiente denotan elevadas plasticidades y erosionabilidad, esto conlleva a un elevado potencial para desarrollar inestabilidades, como el desarrollo de remociones del tipo reptación lenta, a partir de laderas con pendientes naturales superiores a 35°. Los mecanismos activadores se vinculan, mayoritariamente, a ciclos pluviales de gran intensidad, siendo los terrenos con mayores riesgos por este tipo de remociones en masa, corresponden a aquellos comprometiendo cortes viales, canales de irrigación o contornos de excavación.

Se solicitó con fecha septiembre del 2022, por medio de la “Ley de Transparencia” a la ONEMI y Dirección de Vialidad –perteneciente al Ministerio de Obras Públicas (MOP)–, informes vinculados a obstrucción o destrucción de la red vial por causas naturales como remociones en masa, derrumbes, deslizamiento del suelo o caída de rocas en la zona litoral de la comuna de San Juan de la Costa, Región de los Lagos. El resumen de dichos informes se presenta en los siguientes apartados de Vialidad y ONEMI.

2.4.5.1. Informes de la Dirección de Vialidad, MOP

El detalle de eventos ocurridos durante el rango temporal comprendido entre 2018 - 2022 en las rutas U-40, U-410 y U-302 se describe en la tabla 2.6:

- Ruta U-40 Osorno - Bahía Mansa.
- Ruta U-410 Bahía Mansa - Maicolpue - Tril Tril.
- Ruta U-302 Pucatrihue - Escuela del Contaco - Caleta El Manzano

Tabla 2.6: Eventos de Obstrucción de la red vial por causas naturales. Fuente: Elaboración propia.

Evento N°	Rol	Km. Puntual	Observación	Fecha
1	U-40	57,580	Asentamiento de calzada y desprendimiento de talud	20/07/2019
2	U-410	1,250	Desprendimiento de talud	27/11/2019
3	U-410	1,250	Desprendimiento de talud	10/06/2020
4	U-410	1,180 al 1,250	Desprendimiento de talud	25/05/2020
5	U-40	49,050	Desprendimiento de talud	31/07/2020
6	U-410	0,280	Desprendimiento de talud	11/06/2021
7	U-410	1,180	Desprendimiento de talud	27/09/2021
8	U-302	5,700	Marejadas afectan las defensas camineras y calzada	16/08/2022
9	U-410	2,940	Marejadas afectan el muro y calzada	16/08/2022
10	U-410	1,300	Desprendimiento de talud	19/10/2022

2.4.5.2. Informes de la ONEMI de la Región de los Lagos

Informe 13/06/2014, remoción en masa en Pucatrihue y Maicolpué (Garrido & Derch, 2014):

- Remoción en masa afectó a una vivienda en Pucatrihue de coordenadas GPS WGS84 uso 18G: 608.579 E; 5.510.932 S; 22 m s.n.m.
- Deslizamiento de suelo y cobertura vegetal sobre rocas metamórficas fuertemente meteorizadas de foliación EW/20°S, la cual se encuentra dispuesta en favor de la pendiente, zona propensa a una nueva remoción en masa.
- Se recomienda que en el camino que conecta Pucatrihue con Caleta El Manzano, aplicar obras de estabilización de los taludes. También se plantea mantener monitoreos permanentes en el sector, especialmente, en períodos de precipitaciones intensas.
- Se destaca que en las rutas que conectan las localidades de Pucatrihue, Caleta El Manzano, Pucatrihue y Maicolpué, se reconocieron escarpes antiguos y numerosos deslizamientos ocurridos recientemente que interrumpieron estas rutas y mantuvieron aislados a los habitantes de estos sectores.

Informe 20/07/2015, remoción en masa en ladera Ruta U-410, Tramo Bahía Mansa - Maicolpué, (Garrido, 2015):

- Remoción en masa de tipo deslizamiento de roca, suelo y vegetación en la ladera.
- El talud afectado tiene una longitud de 29 m, y 18 m de altura.
- El trabajo resultó complejo debido a la mala calidad del macizo y la elevada pendiente del talud del camino.
- El factor desencadenante del evento se atribuye a precipitaciones intensas y prolongadas en la zona, las que registraron 72 mm de lluvia el día 17 de julio. Estas precipitaciones se encuentran dentro del rango de lo normal para el área.
- Se recomienda ejecutar acciones en la línea de reforzar las bases de los taludes con estructuras tipo gavión, disminuir las pendientes en torno a los 35°, generar escalones en taludes de gran altura, asegurar con mallas o geotextil taludes sin vegetación, y en lo posible evitar la construcción de grandes taludes en esta zona, dada la deficiente calidad geotécnica que presenta el CMBM.

- Finalmente se recomienda a los organismos públicos vinculados el invertir en medidas de estabilización que eviten la pérdida de conectividad de estos sectores.

Informe 23/05/2017. Remociones en masa en ladera Av. Prat, Maicolpué (Mella, 2017):

- Remociones en masa en Maicolpué de tipo flujo de tierra y escombros afectaron a tres viviendas. Fueron dos eventos, el primero el 06/05/2017 y el segundo en 13/05/2017.
- Se presume que el desencadenante fueron las intensas precipitaciones de los días anteriores a los eventos. Esto sumado a la pendiente de la ladera con una inclinación de 35°, viviendas construidas parcialmente sobre rellenos no consolidados que pueden colapsar y zona superior intervenida por camino rural.
- Se recomienda para mitigar la zona de peligro a posibles futuras remociones en masa, generar una evacuación eficiente de aguas lluvias del camino superior, detener la intervención antrópica (ejecución de caminos y desforestación) actual y no permitir la intervención futura de la ladera en la zona de peligro.

Tal como lo evidencian los eventos registrados en los últimos años en el área de estudio, estos son eventos frecuentes en períodos invernales, vinculados a abundantes precipitaciones, siendo favorecidos por el tipo de litología y morfología del área (pendientes mayores a 35°). Estos son factores que no se pueden eliminar, pero si mitigar, por lo que estos eventos deberían ser considerados y evaluados por las entidades correspondientes al momento de la toma de decisiones, tanto a lo vinculado a la construcción de viviendas y/o métodos preventivos como instalación de un talud, muros de contención y/o planificación territorial.

2.5. Hidrología

2.5.1. Cuencas hídricas en la Región de los Lagos

La Región de los Lagos se caracteriza por presentar una abundante cantidad de ríos de régimen mixto y caudales recargados por precipitaciones (DCPRH, 2021). En la mayoría de los ríos, es posible la navegación en sus cursos inferiores, debido a la presencia de lagos precordilleranos en su curso superior, los cuales regulan los caudales hídricos en forma natural y además son receptores de los sedimentos arrastrados desde las montañas (BCN, 2021 en DCPRH, 2021).

Todos los ríos desembocan en el Océano Pacífico, formando deltas y estuarios con barras transversales compuestas por dunas con orientación norte-sur (Díaz-Naveas & Frutos, 2010).

2.5.2. Cuencas hídricas locales

En la comuna de San Juan de la Costa, los principales cursos hídricos –ríos, esteros y arroyos– son alimentados por diversos afluentes provenientes de humedales, ubicados en los escarpes aledaños a los ríos y principalmente activos por la acción pluvial (Salazar, 2021).

Los principales ríos dentro del área de estudio son, de norte a sur, río Bueno, río Llesquehue, río Contaco o Tranallanquín, y finalmente el río Maicolpué (Chacón, 2021; Salazar, 2021).

Al considerar la geología predominante de la zona, se presume que no se podría desarrollar un acuífero explotable, debido a la baja porosidad y la impermeabilidad característico del CMBM (DGA, 2010; DCPRH, 2021).

La distribución de la cuenca hídrica donde se sitúa el área de estudio fue definida por la DGA como “Cuencas Costeras entre Río Bueno y Río Maullín” de código 1000. El área espacial y la red hídrica (ríos y esteros de mayor caudal), fueron descargados desde la plataforma digital Infraestructura de Datos Geoespaciales Chile (IDE).

Dentro de la base de datos del IDE figuran dos grupos de límites de cuenca, pero debido a lo desactualizado y poco detalle de los archivos, no se consideraron para este trabajo. Estas cuencas son:

- Sub-subcuencas DGA, sin actualización: estas cuencas no siguen patrones topográficos a detalle, debido a que al momento de elaboración se priorizó la división administrativa y no las bases topográficas, ni las redes hídricas secundarias (figura 2.9).
- Sub-subcuencas DGA 2014: este año se realizó una redefinición de la clasificación de la red hídrica a nivel nacional. Estas nuevas sub-subcuencas hídricas, presentan límites más cercanos al relieve, tal como se observa en la figura 2.10, pero las redes hídricas son casi rectas –no se interconectan–, por lo que estas divisiones al momento de la búsqueda de información tampoco se consideraron (tal como se explica en el capítulo de resultados).

2.6. Clima

El clima de la Región de los Lagos es de tipo templado oceánico lluvioso, existiendo dos subtipos de climas templados tal como lo describen en DCPRH (2021):

- Clima templado lluvioso con influencia mediterránea: se desarrolla preferentemente en la zona del Valle Longitudinal, hasta el tercio superior de la Isla de Chiloé presentando temperaturas promedio de 11 °C y con precipitaciones promedio entre los 1.300 a 1.800 mm anuales.
- Clima templado frío de costa occidental con máximo invernal de lluvias: se desarrolla en el sector centro y sur de la Isla de Chiloé y en su extensión en el territorio continental (provincia de Palena). Las temperaturas promedio anuales bordean los 10°C, variando según los vientos predominantes y su exposición. Las precipitaciones promedio son de 2.100 mm anuales, concentrándose principalmente en invierno.

En la comuna de San Juan de la Costa, si bien predomina en el territorio la Cordillera de la Costa, esta no posee grandes amplitudes térmicas, debido a la influencia que generan los cuerpos de agua –Océano Pacífico, humedales, ríos– en el ecosistema (Salazar, 2021). Cabe destacar los altos niveles de precipitaciones que posee el territorio en general, donde tanto la latitud como características del relieve permiten desarrollar altos índices hídricos durante todo el año (Luebert & Pliscoff, 2005 en Salazar, 2021).

Los niveles pluviométricos de la zona oscilan entre 1800 a 2500 milímetros cúbicos de lluvia al año, donde no existe una estación seca y las temperaturas anuales oscilan entre los 9 °C y los 12 °C (Subdere, 2012).

Lo anterior se condice con lo planteado por Sarricolea *et al.* (2017), quienes aplicaron la clasificación climática Köppen-Geiger en todo el territorio chileno, elaboraron archivos (*shapefile*) de las cubiertas de temperatura y precipitación mensual de 1 km² de resolución a nivel nacional. Los archivos fueron descargados desde el IDE, y trabajados con el programa “ArcMap 10.5”, los *shapefiles* centrados en la comuna de San Juan de la Costa están representadas en la figura 2.11.

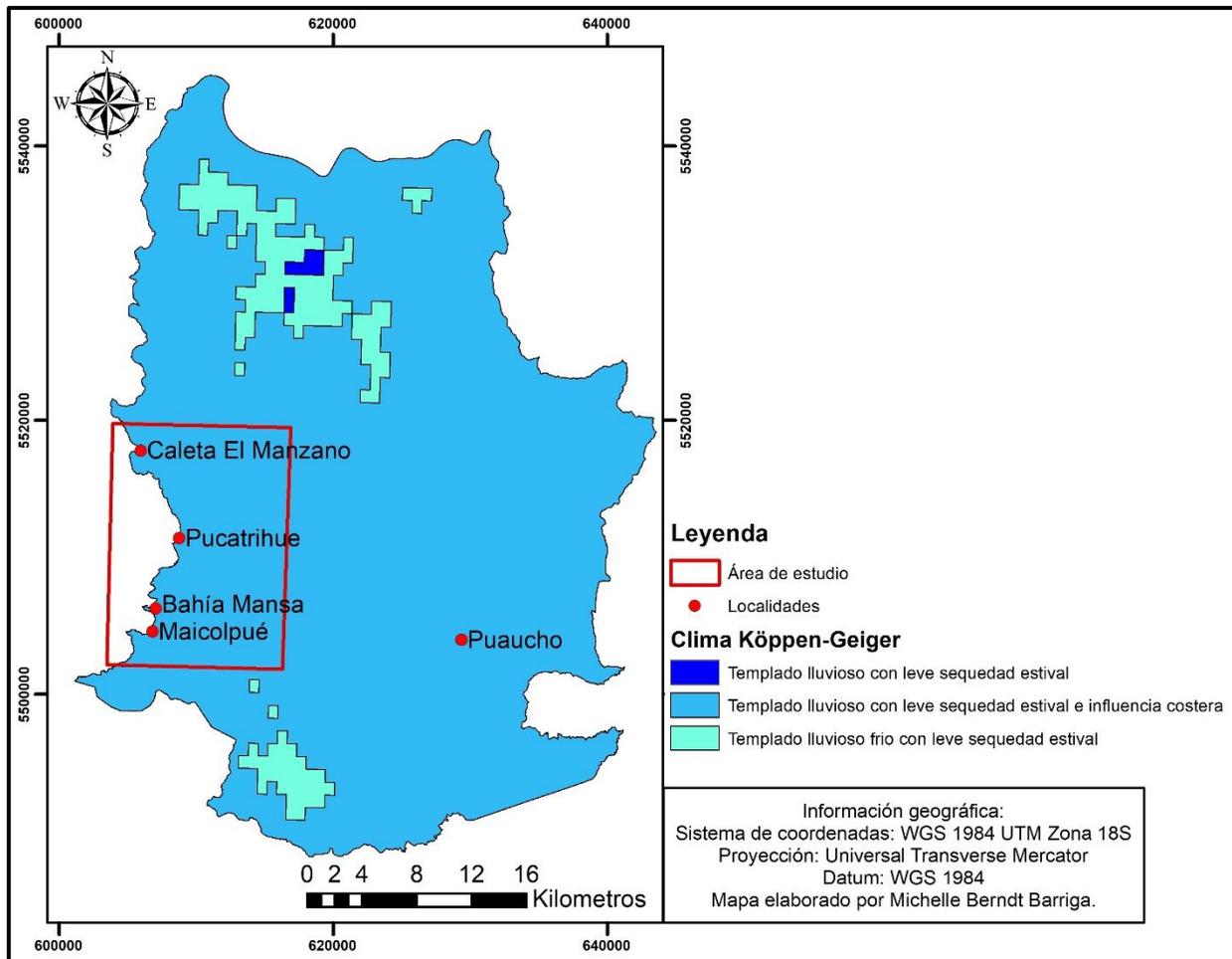


Figura 2.11: Mapa de clasificación climática Köppen-Geiger. *Shapefiles* descargados desde IDE (2021). Fuente: Modificado de Sarricolea *et al.* (2017).

De acuerdo con el trabajo de Sarricolea *et al.* (2017), en el área de estudio, predomina el clima templado lluvioso con leve sequedad estival e influencia costera, con un promedio de precipitaciones de 1800 mm, una temperatura media de 10,5 °C y alturas entre 0 a 1.000 m s.n.m.

2.7. Biota

2.7.1. Vegetación

La comuna de San Juan de la Costa está situada en la ecorregión Valdiviana o Bosque Templado Lluvioso de Valdivia. Esta ecorregión ha sido clasificada entre aquellas con prioridad de conservación a nivel mundial, debido a su estatus de *hot-spot* de biodiversidad, alto nivel de endemismos, rápida tasa de destrucción y degradación por causas antrópicas (Lara *et al.*, 2012).

Algunas de sus singularidades se deben a la presencia de los bosques sureños de *Nothofagus* spp., bosques de Alerce (*Fitzroya cupressoides*) y los bosques de Araucaria (*Araucaria araucana*) (WWF Chile, 2011). El Alerce y la Araucaria fueron declaradas monumentos naturales en la década de los 70 en Chile (Chilebosque, 2010 en WWF Chile, 2011).

De acuerdo con el Catastro de uso de suelo y vegetación de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) del 2014, la comuna en su superficie total posee un 50% de uso destinado a bosque nativo adulto.

En el catastro realizado por Salazar (2021), este autor realizó una recopilación bibliografía y datos de terreno para realizar y complementar este catastro, el cual se encuentra resumido en la tabla 2.7:

Tabla 2.7: Catastro de vegetación de Pucatrihue y localidades aledañas. Fuente: Modificado de Salazar (2021).

Nombre común	Nombre científico	Literatura citada por	Dato extra
Alerce	<i>Fitzroya cupressoides</i>	González, 2017	Selva Valdiviana
Olivillo Costero	<i>Aextoxicon punctatum</i>	González, 2017	Selva Valdiviana
Canelo	<i>Drimys winteri</i>	González, 2017	Selva Valdiviana
Ulmo	<i>Eucryphia cordifolia</i>	González, 2017	Selva Valdiviana
Coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Weinberger, 1997	Selva Valdiviana
Luma	<i>Amomyrtus luma</i>	Weinberger, 1997	Selva Valdiviana
Arrayán	<i>Luma apiculata</i>	Weinberger, 1997	Selva Valdiviana
Costillar de Vaca	<i>Blechnum chilense</i>	Weinberger, 1997	Helecho
Chilco	<i>Fuchsia magellanica</i>	Weinberger, 1997	Arbusto
Coihue	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Weinberger, 1997	Uso como producto alimenticio
Roble	<i>Nothofagus obliqua</i>	Comunidad local	Uso como producto alimenticio
Avellano	<i>Gevuina avellana</i>	Comunidad local	Uso como producto alimenticio
Murta	<i>Ugni molinae</i>	Comunidad local	Uso como producto alimenticio
Nalca	<i>Gunnera tinctoria</i>	Comunidad local	Uso como producto alimenticio
Chupones	<i>Greigea sphacelata</i>	Comunidad local	Uso como producto alimenticio
Nalca	<i>Gunnera tinctoria</i>	Comunidad local	Uso como producto alimenticio
Copihue	<i>Lapageria rosea</i>	Hoffman, 1982	Trepadora
Latué	<i>Latua pubiflora</i>	Mösbach, 1992	Plantas utilizadas para rituales
Floripondio	<i>Brugmansia arborea</i>	Comunidad local	Plantas utilizadas para rituales

Según el estudio realizado por Lara *et al.* (2012), durante la llegada de los españoles, los bosques nativos cubrían aproximadamente 11,3 millones de hectáreas, cifra que disminuyó en 2007 a 5,8 millones de hectáreas (51% del área original). Dicha reducción se explica por el reemplazo del bosque nativo por praderas y matorrales, áreas agrícolas, y a partir de 1974 por monocultivos plantaciones forestales.

2.7.2. Fauna marina y fluvial

Espinosa & Arqueros (2000), describen la zona litoral de la Región de los Lagos como un sector de alta turbulencia y con frecuentes surgencias, lo que conlleva a que sea una zona de elevada riqueza pesquera. Este hábitat pelágico está marcado por la influencia de la Corriente de la Deriva Oeste que arrastra aguas del Pacífico Sur sobre la costa oriental entre Chiloé y Valdivia, lo que incluye al área de estudio.

En el catastro realizado por Salazar (2021), dicho autor elabora una recopilación de bibliografía y datos de terreno para realizar un catastro de biota, algunas de las especies marinas están expresadas en la tabla 2.8:

Tabla 2.8: Catastro de fauna marina de Pucatrihue y localidades aledañas. Fuente: Modificado de Salazar (2021).

Nombre común	Nombre científico	Literatura citada	Dato extra
Lobo marino Sudamericano	<i>Otaria flavescens</i>	Rau <i>et al.</i> (2015)	También conocido como Otaria de la Patagonia
Delfín Austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	Rau <i>et al.</i> (2015)	Mamífero marino
Delfín Chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	Rau <i>et al.</i> (2015)	Mamífero marino
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	Rau <i>et al.</i> (2015)	Aguas profundas
Orca	<i>Orcinus orca</i>	Rau <i>et al.</i> (2015)	Aguas profundas
Huillín	<i>Lontra provocax</i>	WWF (2004)	Nutria de río
Chungungo	<i>Lontra felina</i>	Córdova <i>et al.</i> (2009) Cursach <i>et al.</i> (2012)	Fue caso con anterioridad en el territorio
Pingüinos de Magallanes	<i>Spheniscus magellanicus</i>	Cursach <i>et al.</i> (2009) Osman <i>et al.</i> (2008)	Especie dominante en la Islote del “Abuelito Huenteyao”
Pingüino de Humboldt	<i>Spheniscus humboldti</i>	Cursach <i>et al.</i> (2009) Osman <i>et al.</i> (2008)	Hábitat en el Islote del “Abuelito Huenteyao”
Róbalo patagónico	<i>Eleginops maclovinus</i>	MMA (2015)	
Puye grande	<i>Galaxias platei</i>	MMA (2015)	
Puye chico	<i>Galaxias maculatus</i>	MMA (2015)	
Peladilla	<i>Brachygalaxias bullocki</i>	MMA (2015)	
Pejerrey	<i>Odontesthes bonariensis</i>	MMA (2015)	
Lisa o Liza	<i>Mugil cephalus</i>	MMA (2015)	
Corvina	<i>Cilus gilberti</i>	Vergara (2004)	
Congrio	<i>Genypterus chilensis</i>	Vergara (2004)	
Jurel	<i>Trachurus stmmetricus</i>	Vergara (2004)	
Rollizo	<i>Pinguipes chilensis</i>	Vergara (2004)	
Sierra	<i>Thysites atún</i>	PLADECO, 2012	Gastronomía local
Merluza	<i>Merluccius gayi</i>	PLADECO, 2012	Gastronomía local
Picoroco	<i>Austromegabalanus psittacus</i>	PLADECO, 2012	
Loco	<i>Concholepas concholepas</i>	PLADECO, 2012	
Macha	<i>Mesodesma donacium</i>	PLADECO, 2012	
Ostión del Sur	<i>Chlamis vitrea</i>	PLADECO, 2012	
Almeja	<i>Protothaca thaca</i>	PLADECO, 2012	
Erizo	<i>Loxechinus albus</i>	PLADECO, 2012	Equinodermo
Piure	<i>Pyura chilensis</i>	PLADECO, 2012	

Otro registro de especies marinas bentónicas es la base de datos pública de SERNAPESCA, en esta figuran dentro de las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que se ubican dentro del área en estudio, las siguientes especies:

- Loco (*Concholepas concholepas*)
- Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*)
- Huiro negro (*Lessonia nigrescens*)
- Huiro palo (*Lessonia trabeculata*)
- Erizo (*Loxechinus albus*)
- Lapa bonete (*Fissurella costata*)
- Lapa rosada (*Fissurella cumingi*)
- Luga negra (*Sarcothalia crispata*)
- Lapa mañihue (*Fissurella nigra*)
- Huiro flotador (*Macrocystis pyrifera*)

2.8. Contexto socioeconómico

2.8.1. Generalidades

Crespo (2021) demostró que algunas características demográficas, tales como tasa de crecimiento, ciudades superpobladas y tendencias a vivir en áreas urbanas, son factores que conllevan a consecuencias negativas sobre la conservación de la biodiversidad y dificultan su gestión. Asimismo, características como un bajo producto interior bruto, alta tasa de pobreza y una acentuada desigualdad social, comprometen el desarrollo social como también la posibilidad de un desarrollo científico, que a la vez generan una presión sobre los recursos naturales.

Además de los factores demográficos, es importante considerar factores sociales – educación, salud, ocupación, etnias – y económicos –ingreso individual– (Aguilongo & Garcés, 2020), para comprender la relación de la comunidad con los recursos naturales y como ha sido la evolución a lo largo del tiempo (McGinnis & Ostrom, 2014).

Debido a lo anteriormente expuesto, en los siguientes capítulos se describen algunas bases de datos sobre la comunidad de la comuna San Juan de la Costa.

2.8.2. Demografía cuantitativa

En lo que se refiere a la población que habita en la comuna de San Juan de la Costa, de acuerdo con lo consultado a la base de datos del Instituto Nacional de Estadísticas Chile (INE) durante el 2022, los datos registrados de los censos de los años 1992, 2002 y 2017, están representados en la tabla 2.9.

Tabla 2.9: Población dividida por sexo, según Censos 1992, 2002 y 2017. Fuente: INE (2022).

Año	Población total	Hombres	Mujeres
1992	9.778	5.382	4.396
2002	8.831	4.814	4.017
2017	8.512	4.011	3.501

Con la salvedad de que, en los registros del 1992, también figuran antecedentes del 1987. En estos datos, se declaró que en San Juan de la Costa durante el 1987 residían de forma permanente en esta comuna 7.495 habitantes, 1.142 personas eran de otra comuna, 17 extranjeros y 75 declarados con el estado de “ignorado”.

Tal como lo indica la tabla 2.9 hay un predominio de población masculina, con una disminución de dicha brecha a lo largo de los años.

Otro índice relevante es la edad de la población, debido a que en Chile se observa un aumento del grupo etario del adulto mayor para los próximos años (Subdere, 2012), esta tendencia también se refleja en los habitantes de la comuna, junto con una disminución más pronunciada en los sectores más jóvenes (tabla 2.10).

Tabla 2.10: Población por edades, según Censos 1992, 2002 y 2017. Fuente: INE (2022).

Edad	1992	2002	2017
0 a 14	965	2.377	1.318
15 a 29	2.543	1.806	1.155
30 a 44	1.765	1.906	1.490
45 a 64	1.572	1.783	2.178
65 a 79	573	757	1.033
80 y/o más	152	202	338
Total	7.570	8.831	7.512

Cabe mencionar que el total de la población encuestada no coincide con los datos obtenidos según el género, esto es para el caso tanto del Censo del 1992 y 2017, lo cual no ocurre para el del 2002. Debido a esto se recomienda el análisis de estos datos con precaución.

2.8.3. Salud

Los datos que se exponen a continuación fueron extraídos desde los Reportes comunales de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN), estos contenían datos del Departamento de Estadísticas e Información en Salud (DEIS) del Ministerio de Salud, y del Fondo Nacional de Salud (FONASA). Dichos datos señalan el número de establecimientos de salud al 11 de diciembre de 2020 (tabla 2.11), como también las estadísticas de salud del 2016, siendo estas las tasas de natalidad (nacidos vivos corregidos cada mil habitantes), mortalidad (defunciones por cada mil habitantes) y mortalidad infantil (cociente entre las defunciones de menores de un año y el total de nacidos vivos), tal como se observa en la tabla 2.12.

Tabla 2.11: Número de establecimientos de salud. Con fecha al 11/12/2020. Fuente: BCN (2021).

Tipo establecimiento	Cantidad por comuna	Cantidad en la región	Cantidad en el país
Centro de Salud Familiar (CESFAM)	2	37	581
Hospital (Baja Complejidad)	1	15	101
Posta de Salud Rural (PSR)	4	187	1.128
Servicio de Urgencia Rural (SUR)	2	9	122
Total	9	402	4.134

Tabla 2.12: Tasas de natalidad, mortalidad y mortalidad infantil año 2016. Fuente: BCN (2021).

Unidad territorial	Natalidad (c/1.000 habitante)	Mortalidad general	Tasa de mortalidad infantil (c/1.000 nacidos vivos)
Comuna de San Juan de la Costa	6,6	10,1	40,8
Región de Los Lagos	12,8	6,0	8,0
País	12,8	5,7	7,0

2.8.4. Economía

El informe Subdere (2012) “Actualización Plan de Desarrollo comunal (PLADECO) 2012 – 2017” de la Ilustre Municipalidad de San Juan de la Costa, identifica que las principales actividades económicas en la comuna están vinculadas a plantaciones forestales, pesca artesanal, turismo-artesanías y agricultura-ganadería a baja escala. Si bien la industria forestal figura como la principal actividad económica, no constituye una fuente importante de trabajo para los habitantes de la comuna, ni un agente generador de ingresos para la municipalidad, puesto que las ganancias de la explotación forestal no quedan en la comuna, esta actividad económica deja externalidades

negativas tanto para el medio ambiente como para los habitantes locales. Se acusa que la mayoría de la mano de obra que utiliza esta industria es traída desde fuera de la comuna.

La Feria Rahue que se encuentra en el sector poniente de Osorno, recibe gran número de vendedores de la comuna de San Juan de la Costa, tales como agricultores y/o productores de diversos productos agrícolas y ganaderos, como también a compradores, transformando este sector en un importante mercado, que se desarrolla fuera de la comuna (Subdere, 2012).

Al comparar esta situación con el catastro de Salazar (2021), es posible distinguir importantes cambios en la dinámica de la economía entre el 2012 al 2021. Actualmente las actividades económicas predominantes en la población corresponden al sector primario –agricultura, silvicultura y pesca–. Destaca el desarrollo de la artesanía, lo que se encuentra dado por la destreza en el manejo de la madera que poseen las y los artesanos *williche*, lo que lamentablemente no ha sido potenciado. A pesar de esto, las comunidades *williche* han sabido encontrar espacios productivos y comerciales en ferias artesanales de Rahue, Osorno, Puerto Montt y Valdivia. También se enfatiza como se ha ido fortaleciendo la actividad turística como una fuente productiva, a pesar de que esta se encuentra poco desarrollada para el potencial que posee el territorio (Santana, 2003 en Salazar, 2021).

Lo anterior se condice con los datos extraídos desde Reportes comunales, de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN), los cuales corresponden a las Estadísticas de Empresa del Servicio de Impuestos Internos (SII). Se presenta el número de trabajadores por tamaño de empresa (clasificación de empresas, en base al cálculo de las ventas anuales de un contribuyente) para los años 2017, 2018 y 2019 (tabla 2.13).

Tabla 2.13: Número de trabajadores según tamaño de la empresa. Años 2017, 2018 y 2019. Fuente: BCN (2021).

Tamaño Empresa	Comuna			Región		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Micro	81	80	41	28.759	32.566	32.566
Pequeña	37	68	60	99.754	106.754	103.030
Mediana	0	0	33	67.731	62.577	64.929
Grande	0	0	0	107.028	121.289	130.883
Sin ventas / sin información	484	547	571	19.714	22.390	21.932

Se indica el número de trabajadores por rubro en el cual se desarrolla su actividad, para los años 2017, 2018 y 2019. La fila de “Agrupación de actividades sin personas involucradas en la comuna”

es la sumatoria de todos los rubros que figuran con ningún trabajador inscrito en la comuna de San Juan de la Costa (tabla 2.14).

Tabla 2.14: Número de trabajadores según rubro económico de la empresa. Años 2017, 2018 y 2019. Fuente: Modificado de BCN (2022).

Rubro/Área en estudio-año	Comuna			Región		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	60	81	81	87.799	75.403	74.708
Industria manufacturera	4	2	7	29.038	30.916	31.868
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	2	2	1	1.701	1.855	1.932
Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación	14	11	10	1.2	1.513	1.538
Construcción	2	0	0	41.125	41.711	42.792
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	3	5	8	38.847	46.769	45.89
Transporte y almacenamiento	2	4	11	25.324	27.449	28.995
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	4	9	10	10.664	15.321	15.327
Actividades profesionales, científicas y técnicas	0	3	0	5.891	7	6.071
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	402	421	465	17.772	18.822	19.888
Enseñanza	109	126	78	16.551	22.244	22.437
Otras actividades de servicios	0	2	0	4.575	5.238	4.513
Sin información	0	29	34	198	509	726
Agrupación de actividades sin personas involucradas en la comuna	0	0	0	1020.322	47.557	926.784

2.8.5. Explotación de recursos marinos

La comercialización de recursos marinos es una fuente económica significativa en el área de estudio. Especialmente después de mediados de la década de los 70 y principios de los 80, donde ocurre la llegada de una serie de busos y pescadores, quienes desde otras latitudes llegaron a extraer el loco (*Conchelepas conchelepas*), lo cual significó que quienes se dedicaban a esta actividad se configuraron como un grupo dominante en las caletas de la comuna (Gajardo & Ther, 2011; Salazar, 2021), este período se denominó como la “Fiebre del Loco”.

Gajardo & Ther (2011), definen la "Fiebre del Loco" como consecuencia de la apertura de la captura de este para la venta a mercados extranjeros. El elevado precio y la gran demanda internacional, produjo una serie de movilizaciones de pescadores hacia el sur del país y diversos fenómenos socioculturales, tales como la emergencia de mercados locales móviles o en embarcaciones, campamentos espontáneos, poblamientos permanentes, monedas de cambio y circuitos de comercio, prostitución, mercados informales y costumbres que aún existen como la venta ilegal de este recurso.

Este escenario fue consolidado en los espacios educacionales, donde el estatus social de pertenecer a las familias del sector pesquero separó a quienes, de forma más habitual, estaban acostumbrados a la recolección de algas o a la producción forestal (Salazar, 2021).

Debido a los cambios en las administraciones públicas a las cuales está sujeto el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), el registro oficial de esta entidad ha variado de acuerdo con las políticas propias del sector, por ello se dividieron los datos en los siguientes subapartados según la localidad que registró el desembarque total:

2.8.5.1. Registro del desembarque total Osorno

Osorno corresponde a la zona de comercialización más cercana a las caletas del área en estudio, debido a ello, es esta localidad en donde se comercializan los principales productos marinos de la comuna de San Juan de la Costa. Estos registros son del 1996 al 2021, con ausencia de datos en los años al 2000 al 2003. Tal como se observa en el gráfico 2.1, hay un aumento exponencial en el desembarque de recursos marinos. En el período comprendido entre 2000 y 1996, dominaba la venta de moluscos (remanentes de la “Fiebre del Loco”) y peces. Pero desde el 2009 las algas dominan el comercio, principalmente la venta de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y luga negra o crespita (*Sarcothalia crispata*), algas que no se consideraban relevantes años anteriores, además es posible observar una disminución significativa en la explotación de peces después del 2017.

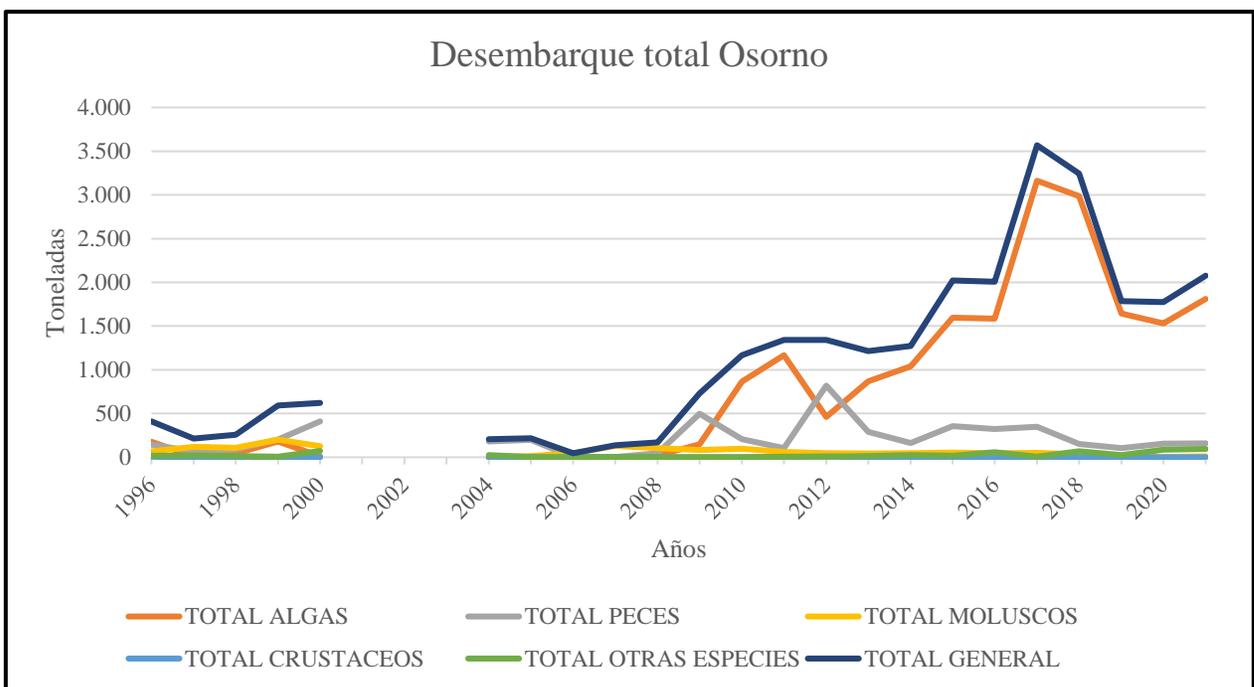


Gráfico 2.1: Registro desembarque total Osorno. Elaborado con datos extraídos desde SERNAPESCA (2022).

2.8.5.2. Registro del desembarque total X Región

Este registro abarca desde la formación de regiones en 1979, hasta el 2022. Cabe mencionar que el 2007 acontece una división político-administrativa en la Región de los Lagos, en la cual se excluyó la administración de las provincias de Ranco y Valdivia de la región, y se incluyen en la nueva la Región de los Ríos (XIV Región), por lo que a partir de entonces no figura los registros de Valdivia y Corral, lo que explica la disminución en el desembarque total es este período.

A nivel regional (considerando las variaciones administrativas propias de la región), hay un aumento paulatino y constante en la explotación de recursos marinos (tal como se observa en el gráfico 2.2). La comercialización de peces tuvo un aumento entre el 1995 al 2007, luego se mantiene constante hasta el 2022, se presume que esta estabilidad se podría deber a la implementación de vedas y regularizaciones gubernamentales.

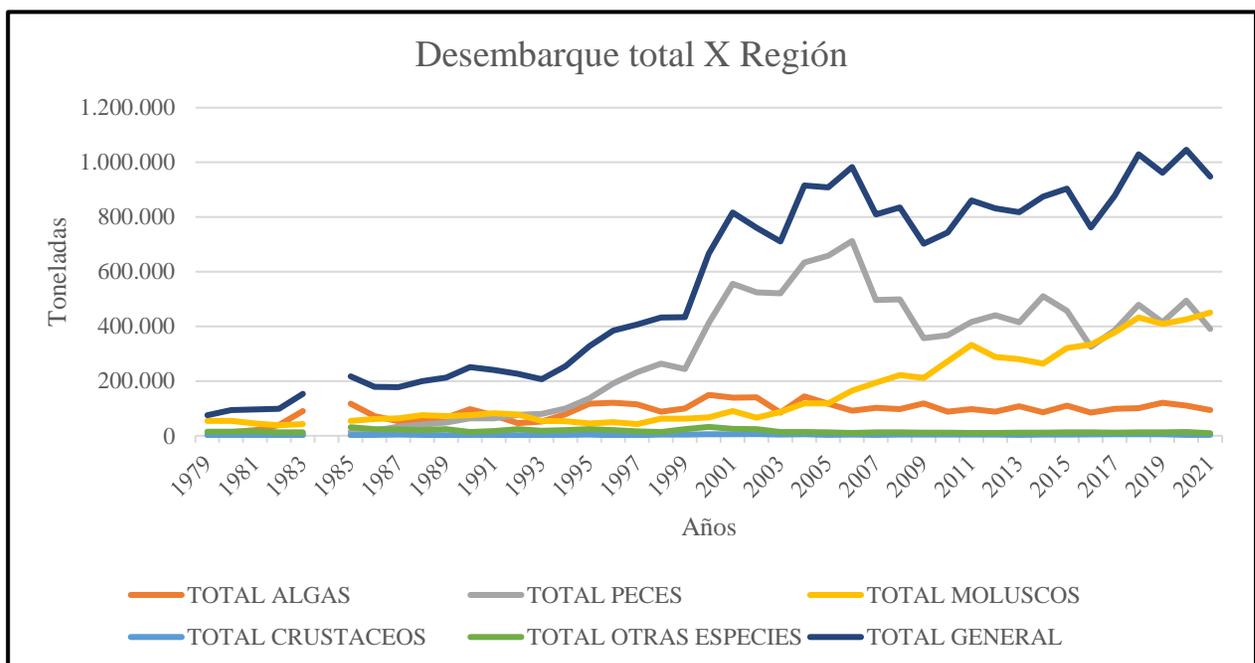


Gráfico 2.2: Registro desembarque total X Región. Elaborado con datos extraídos desde SERNAPESCA (2022).

Los moluscos dominan el desembarco entre 1979 al 1993, coincidiendo con el tiempo conocido como “Fiebre del Loco” (Gajardo & Ther, 2011), luego disminuyó hasta el 2003, para volver a incrementar de forma constante hasta el 2022. En cambio, la comercialización de algas y otras especies se ha mantenido estable desde 1981 hasta el 2022 (anteriormente no hay registro de comercialización de algas en la región).

2.8.5.3. Registro del desembarque total por ciudad 1965-1978

Antes de la división administrativa en Chile, la cual dividió el territorio en regiones, para este trabajo solo se consideraron los registros de las principales ciudades que posteriormente sería parte de la Región de los Lagos, siendo estos el registro de las ciudades de Valdivia, Calbuco, Puerto Montt, Ancud y Castro en el rango temporal del 1965 al 1978.

Al revisar esta base de datos, el estado de los registros era limitado y confuso, posiblemente debido a problemas vinculados a conectividad y actualización de esos tiempos, siendo factible que no sean completamente representativos de la situación en aquellos tiempos.

En estos datos es posible apreciar que, en general, la explotación de recursos marinos era a una menor escala que la actual y no eran consideradas las algas como un recurso y/o factor económico, siendo el principal de interés los moluscos y no los peces entre 1965 al 1978 (gráfico 2.3).

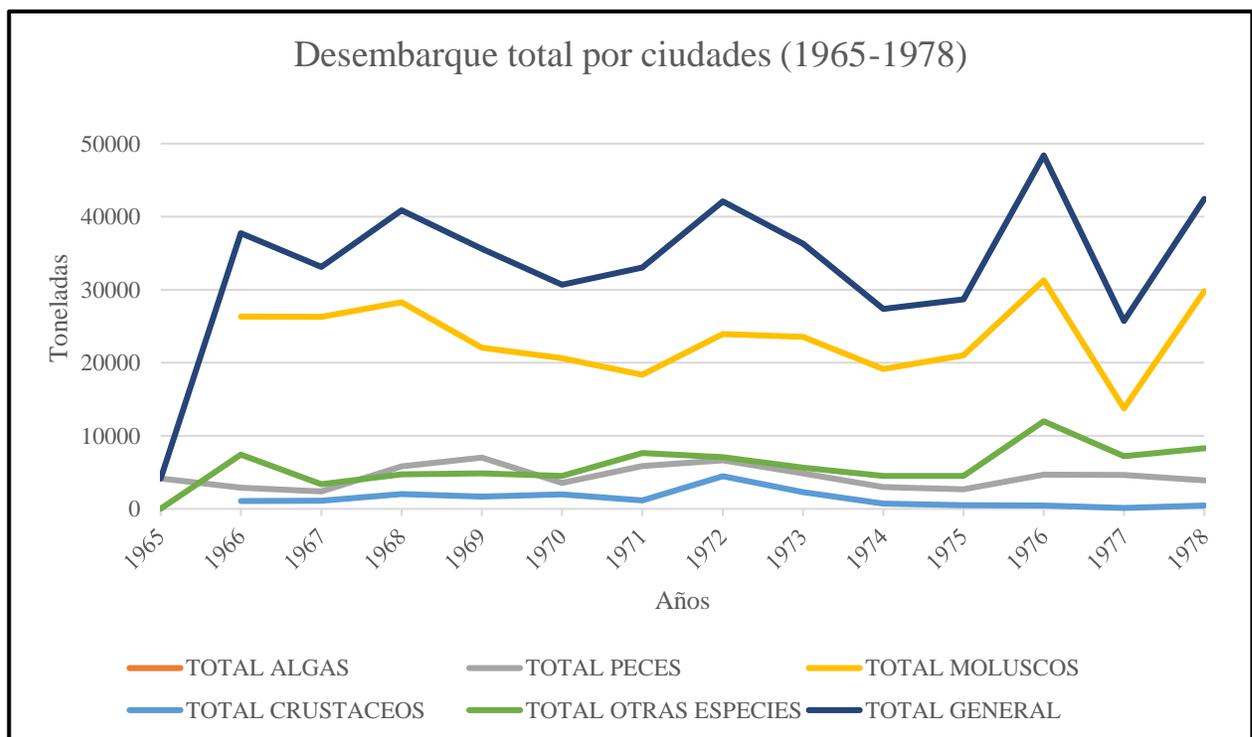


Gráfico 2.3: Registro desembarque total por ciudades. Considera el registro de Valdivia, Calbuco, Puerto Montt, Ancud y Castro. Elaborado con datos extraídos desde SERNAPESCA (2022).

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Bienes comunes

Para cumplir el objetivo de este trabajo, es necesario explicar conceptos que se escapan del área geológica ambiental.

Primero es fundamental entender el concepto de bienes comunes, cuáles son los tipos de bienes presentes en una comunidad, cual es la legislación en Chile respecto a ellos y porque son relevantes para la formulación de un plan de gobernanza propuesto y dirigido por la misma comunidad, además de entender la importancia del codiseño en este tipo de trabajo.

3.1.1. Definición de bienes comunes

Flores-Xolocotzi (2015), quien a través de su análisis al trabajo de Ugo Mattei –catedrático italiano especializado en derecho civil y derecho comparado–, categoriza los bienes en tres categorías: los bienes privados, que corresponden a propiedades individuales o de personas jurídicas; bienes públicos, pertenecientes a organizaciones públicas como el estado; y finalmente los bienes comunes.

Esta categorización también es compartida por Soto (2022), quien define los bienes comunes como un tipo de derecho fundamental que no están a merced de la facultad fiscal o de las variaciones del mercado. Por lo tanto, la conciencia de los bienes comunes surgiría como una respuesta tanto frente a la acción de los privados, como también a la acción del Estado y, por ende, como una tercera categoría entre la propiedad pública y la propiedad privada.

Ramis (2013), al estudiar la obra de Elinor Ostrom (1990), plantea otra perspectiva y define los bienes comunes como bienes rivales y no excluibles (tabla 3.1), es decir, bienes que solo puede ser consumido por un número acotado de personas (rivalidad) y no es posible apartar el uso o el consumo a quien no “paga” por el acceso a estos (exclusividad).

Tabla 3.1: Tipología de bienes, según variables de rivalidad y exclusión. Fuente: Modificado de Ramis (2013).

	Rivalidad baja (o nula)	Rivalidad alta
Exclusión difícil (o nula)	Bienes públicos puros p. ej. Puestas de sol, faro	Bienes comunes o bienes públicos impuros p. ej. Bibliotecas, mariscos
Exclusión fácil	Bienes privados impuros, de club o de peaje p. ej. Televisión por cable, guarderías.	Bienes privados puros p. ej. Propiedad privada, ropa y alimentos

Flores-Xolocotzi (2015) en su análisis destaca los siguientes aspectos propios de los comunes:

- I. Los bienes comunes llevan a la necesidad de reconstruir instituciones que permitan su conservación y promoción, para dejar fuera del centro del sistema político a la propiedad privada y al Estado. Según el autor, este enfoque permitiría rechazar la mercantilización y la explotación.
- II. Es necesario considerar los contextos sociales bajo los cuales los bienes comunes son relevantes para las comunidades, puesto que no se puede separar al objeto (bien común) del sujeto (las comunidades).
- III. La experiencia italiana jurídica, generada a través de experiencias como la de la Comisión Rodotà para la Reforma de los Bienes Públicos (Comisión creada por decreto del ministro de Justicia italiano en el año 2007), derivó en algunos aspectos que Mattei menciona en forma particular en su libro:
 - a) La utilidad de los bienes comunes se debe entender a partir de su inclusión (accesibles a todos); de forma tal que dichos bienes valen por su uso y no por su valor de cambio. El bien común tiene una estructura de consumo relacional que no admite disputas y debe considerar un uso ecológico (cualitativamente responsable).
 - b) Mattei señala que esta posición teórica del sistema de derecho civil lleva a considerar a los bienes comunes como bienes fuera del mercado, cuyo objetivo no es propiamente incentivar el crecimiento o desarrollo económico.

Otras características fundamentales de los bienes comunes planteadas por Aguilera (1992) que cita al trabajo de Ciriacy-Wantrup & Bishop (1975), es que “todos los propietarios poseen el mismo derecho a usar el recurso, derecho que no se pierde si no se usa”, y que “los no propietarios, no pertenecientes a la comunidad, son excluidos del uso”.

3.1.2. Bienes comunes en el derecho constitucional chileno

Henríquez (2022) plantea que en el ordenamiento jurídico chileno existen algunas normas y principios que reconocen la existencia de los bienes comunes (el agua, el mar, las cuencas, etc.), pero la influencia y/o el impacto de estas disposiciones ha sido más bien escaso, en especial en materia ambiental. Cabe destacar, la Constitución de 1980 considera que los comunes son en su mayoría objeto de apropiación privada, salvo en el caso que la ley expresamente diga lo contrario.

Esto significa que, este tipo de cosas pasan a ser la excepción, constituyendo el principio de la libre apropiación de los bienes, lo que incluye a los recursos naturales.

Este diseño institucional impide que la administración pueda establecer limitaciones sustantivas al ejercicio de la propiedad privada cuando sea necesario, ya sea para la conservación de los recursos naturales, la protección del medioambiente o para mejorar la calidad de vida de las respectivas comunidades (Bauer *et al.*, 2021).

En el estudio sobre las disposiciones constitucionales que establecen el derecho de propiedad (art. 19, N° 23 y 24), Cordero (2019) en el informe de Soto (2022) clasifica a los bienes públicos en Chile de la siguiente forma:

I. Bienes comunes: Estos comprenden a aquellos bienes que la naturaleza ha hecho común a todos los hombres, razón por la cual no pueden ser objeto de dominio o propiedad.

II. Bienes nacionales de uso público o bienes públicos en sentido estricto: Se trata de bienes que no son adquiribles por particulares, ya que “no se pueden adquirir aquellos bienes que deban pertenecer a la Nación toda y la ley lo declare así”. Estos bienes pueden ser naturales (como las playas o el mar adyacente) o artificiales (como las calles y plazas). Sin embargo, para que sean considerados como bienes públicos debe existir una ley que así lo disponga (“la ley publica estos bienes”) (Soto, 2022).

III. Bienes del Estado o fiscales: Estos bienes son parte del patrimonio del Estado. Es decir, mientras los anteriores bienes sólo eran administrados por el Estado, en este caso tenemos bienes que caben dentro de su propiedad. Con todo, “están sujetos a estatutos particulares en su adquisición, administración y disposición”. Estos bienes se clasifican en dos tipos: los bienes fiscales afectos esencialmente a un servicio público y los bienes fiscales en sentido estricto (o bienes patrimoniales). La única diferencia en cuanto a su protección es que los primeros gozan de inembargabilidad.

En relación con lo anterior, Soto (2022) plantea que en Chile existen los bienes comunes, pero de forma acotada. La introducción de una categoría de bienes comunes, ya sea naturales o de carácter más amplio o general, implicaría necesariamente una revisión de la categoría de bienes nacionales de uso público. Atendiendo una redefinición no sólo de su titularidad sino también de su administración.

3.1.3. Relación entre los bienes comunes y la “tragedia de los comunes”

Elinor Ostrom (1990) describe que estos deben entenderse como un entramado entre sistemas y unidades de recursos naturales, los actores y sus sistemas de gobernanza, indivisiblemente vinculados (McGinnis & Ostrom, 2014).

La degradación del ambiente –y/o recursos naturales– puede ser consecuencia de que muchos individuos utilicen al mismo tiempo un recurso escaso, esto lo denominó Hardin (1968) como “la tragedia de los comunes” (Ostrom, 2000). Hardin (1968) planteó que la única forma de contener esta tragedia era establecer derechos de exclusión para garantizar los comunes, ya sea a través de procesos de privatización –donde cada propietario vele por su interés personal– o estableciendo un propietario superior, generalmente el Estado.

Ramis (2013) detalla que el trabajo de Elinor Ostrom (1990) difiere con la solución planteada por Hardin (1968), y postula que quienes podrían gestionar mejor los bienes comunes son los propios implicados. Pero requiere de ciertas condiciones, tales como disponer de los medios e incentivos, existencia de mecanismos de comunicación, etc. Junto con lo anterior es relevante comprender el marco de la escala en la que se sitúan los bienes comunes, un bien común puede ser pequeño y servir a un grupo reducido, o puede tener escala comunitaria, hasta de nivel internacional.

3.1.4. Gobernanza y bienes comunes

Una de las definiciones más acorde de gobernanza al contexto de este trabajo, es la definición de propuesta por Whittingham (2010), siendo esta “Gobernanza es la realización de relaciones políticas entre diversos actores involucrados en el proceso de decidir, ejecutar y evaluar decisiones sobre asuntos de interés público, proceso que puede ser caracterizado como un juego de poder, en el cual competencia y cooperación coexisten como reglas posibles; y que incluye instituciones tanto formales como informales”.

El análisis de Whittingham (2010) sobre la gobernanza, demostró que, si bien, el discurso teórico se refiere con más frecuencia a una combinación de actores y a estructuras más horizontales, la mayoría de las variables e indicadores muestran una clara preferencia por un modelo centrado en el Estado. Si bien, muchos de los indicadores de gobernanza abocan a descentralización, como por ejemplo los utilizados por el Centro para los Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas

(HABITAT), en los cuales descentralización (financiera y política) es utilizada como indicador de gobernanza urbana, ninguno de estos indicadores reconoce o investiga la existencia de proyectos y programas no estatales, como fuentes y/o indicadores de gobernanza.

Este concepto se ha aplicado en Chile como lo expuesto en la evaluación del desempeño ambiental de Chile 2016, elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se detallan los siguientes puntos relevantes al considerar gobernanza (CEPAL & OCDE, 2016):

- Los sistemas de gobernanza que rigen la gestión de las aguas y la diversidad biológica, exhiben un elevado grado de complejidad y fragmentación. En donde la dispersión de los recursos entre muchas instituciones diferentes redujo la eficacia de los gastos.
- Tanto la gestión climática como hídrica requieren mecanismos de supervisión y de coordinación.
- La fragmentación sectorial y la competencia entre las administraciones pueden plantear graves amenazas a la integración entre escalas. Por ello se necesita:
 - a) Mayor participación pública para debatir y gestionar el riesgo climático.
 - b) Construir capacidad de adaptación a múltiples niveles.
 - c) Dar prioridad a la reducción del riesgo y a los grupos vulnerables.

Actualmente en Chile se acusa una gran desigualdad en materia de acceso a la participación y a la información, junto con una forma de gobernanza esencialmente centralizada, es un hecho que afecta de manera especial a las comunidades más vulnerables. Así, un sistema de participación mal diseñado, o con un débil reconocimiento constitucional, podría terminar por acentuar los conflictos ambientales (Henríquez, 2022).

3.2. Cambio climático

Otro termino relevante para comprender este trabajo es el concepto de cambio climático, y como este podría incidir en Chile a nivel regional y/o local. Por ello es importante entender los conceptos de clima, sistema climático, variabilidad climática y cambio climático, además de explicar la relevancia de cuantificar las distintas escalas temporales y espaciales en los que estos eventos afectan y condicionan al ambiente del área de estudio.

3.2.1. Definición de clima

Montealegre & Pabón (2000) explican que el clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones de este, en un lugar o región específica. En el caso del clima del planeta Tierra, este depende de: factores radiativos forzantes (radiación solar y el efecto invernadero), factores determinantes (condiciones físicas y geográficas relativamente constantes como la latitud, elevación, la distancia al mar, entre otros), y finalmente de las interacciones entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, superficie terrestre, océanos, glaciares, biosfera y actividad humana).

Casas & Alarcón (1999) consideran al sistema climático, como el resultado del intercambio de masa, energía y cantidad de movimiento, entre la atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera. En donde al existir alguna perturbación en alguno de los componentes del sistema, este volverá a su estado de equilibrio, pero el tiempo de respuesta de cada componente es diferente entre sí (tabla 3.2), provocando que la gran diferencia en las escalas de tiempo acentúe la complejidad de las interacciones entre dichos componentes.

Tabla 3.2: Componentes climáticos y su tiempo de respuesta. Fuente: Modificado de Casas & Alarcón (1999).

Componente climática	Tiempo de respuesta
Atmósfera, capa fronteriza (primeros mil metros en contacto con la superficie terrestre)	Minutos a horas
Atmósfera libre (a más de mil metros de altura)	Semana a meses
Océano, capa mezcla (capa externa en contacto con la atmósfera)	Semanas a años
Océano, capa profunda	Décadas a milenios
Mares helados	Semanas a décadas
Lagos y vegetación	Meses a siglos
Glaciares	Siglos
Cobertura de hielo	Milenios
Fenómenos tectónicos	Decenas de millones de años

3.2.2. Definición de variabilidad climática

De acuerdo con Montealegre & Pabón (2000), para comprender la definición de la variabilidad climática, primero es necesario explicar los siguientes conceptos:

- Norma Climatológica o valores normales: valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climática durante un período de por lo menos 30 años.
- Anomalías: diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio.

Considerando lo anterior, Montealegre & Pabón (2000) definen la variabilidad climática como fluctuaciones o secuencias oscilaciones alrededor de la Normal Climatológica o valores promedio en períodos de tiempo relativamente cortos (años), y la valoración de la variabilidad se obtiene mediante la determinación de anomalías.

Se reconocen las siguientes escalas temporales de la variabilidad climática (Montealegre & Pabón, 2000; Boshell *et al.*, 2011):

- Escala intra-estacional: cambios entre estaciones, oscilaciones que determinan las condiciones de tiempo durante decenas de días, o de uno a dos meses. Una de las oscilaciones más destacadas de este tipo es la señal ondulatoria tropical, denominada Oscilación Madden-Julian (MJO) con un ciclo de 30-60 días.
- Escala estacional: cambios a nivel mensual. En latitudes medias la secuencia de las estaciones es notoria para los habitantes, en cambio en las latitudes tropicales, lo frecuente es la alternancia de temporadas lluviosas y secas.
- Escala interanual: cambios de año a año. Las variaciones a esta escala podrían estar relacionadas con alteraciones en el balance global de la radiación. El clásico ejemplo de este tipo son los fenómenos del ciclo de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).
- Escala interdecadal: cambios a nivel de décadas, generalmente pasa desapercibida por el común de las personas, pero son relevantes para la determinación de posibles tendencias en las variables climáticas.

Los efectos de la variabilidad climática pueden asociarse a los fenómenos como frentes fríos, estaciones secas, huracanes, perturbaciones tropicales, humedad desproporcionada, entre otros (Serrano *et al.*, 2012). Otros efectos más locales son: cambios meteorológicos que pueden acentuar posibles riesgos geológicos (remociones en masa, inundaciones), ocasionar alteraciones en la biota nativa, y finalmente provocar daños en la salud e infraestructura urbana (MMA, 2017).

3.2.3. Definición de cambio climático

El cambio climático se define como una modificación o variación estadística del clima, de una significativa extensión geográfica (escala regional a global) y de un prolongado rango temporal (registrado en un historial climático), sobre variados parámetros meteorológicos (IPCC, 2007 en Argeñal, 2010; Serrano *et al.*, 2012).

El término de “cambio climático” ha sido adoptado por La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), para referirse al cambio producto de la actividad humana a través de su alteración sobre la composición química atmosférica, debido a la mayor presencia de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en todo el mundo (Argeñal, 2010; Serrano *et al.*, 2012; MMA, 2017). Esto es debido a que las continuas emisiones en la atmosfera de GEI y otros forzantes climáticos de vida corta –metano, ozono, aerosoles, sustancias halogenadas, etc.– (MMA, 2017), fuerzan perturbaciones las cuales podrían causar cambios de larga duración en todos los componentes del sistema climatológico, aumentando la posibilidad de impactos severos, generalizados e irreversibles, tanto para las personas como para los ecosistemas (UNCTAD, 2016).

Cabe destacar que dentro de los cambios producto de la acción humana, también se debe considerar la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables al momento de estudiar los efectos del cambio climático (Jiménez, 2007 en Serrano *et al.*, 2012).

Alzate *et al.* (2015) explican que la variabilidad y el cambio climático tienen una relación directa, en donde interactúan constantemente, asociados a los cambios en el forzamiento radiativo no natural (efecto invernadero antropogénico). Junto con lo anterior, se plantea que el cambio climático vuelve más extremos e intensos los fenómenos de variabilidad climática, siendo posible en los próximos años un aumento de eventos climáticos extremos, asociados a fenómenos naturales como el ENOS, lo que podría desencadenar inundaciones, deslizamientos e incendios forestales.

En la evaluación del desempeño ambiental de Chile 2016 (CEPAL & OCDE, 2016), se demuestra que Chile es vulnerable a los impactos de la variabilidad y cambio climático, debido a su geografía y a sus características socioeconómicas, en particular el alto nivel de desigualdad. Las inundaciones y los aluviones registrados en el norte de Chile en mayo de 2015 son un vívido ejemplo de las repercusiones que podría tener, dado que ocasionó 31 fallecidos y más de 16.000 personas sin hogar. Según las proyecciones, el cambio climático no solo agravará el riesgo de inundaciones, sino también los episodios de calor extremo.

Considerando la escala temporal de este trabajo (últimos 60 años) y el posible impacto en el ambiente dentro del área de estudio, se considerará los cambios vinculados al clima como variabilidad climática y no solo como efectos directos del cambio climático. Cabe destacar que estos dos fenómenos están vinculados, por lo que es relevante considerar los impactos del cambio climático que se describen a continuación.

3.2.4. Efectos del cambio climático

A nivel global, la temperatura promedio de las superficies del planeta ha aumentado alrededor de 0,9 °C desde el siglo XIX (gráfico 3.1). El aumento ha sido más pronunciado durante los últimos 35 años (UNESCO, ONU-Agua, 2020). Junto con lo anterior, las aguas oceánicas también han registrado una tendencia al aumento (Cheng *et al.*, 2019).

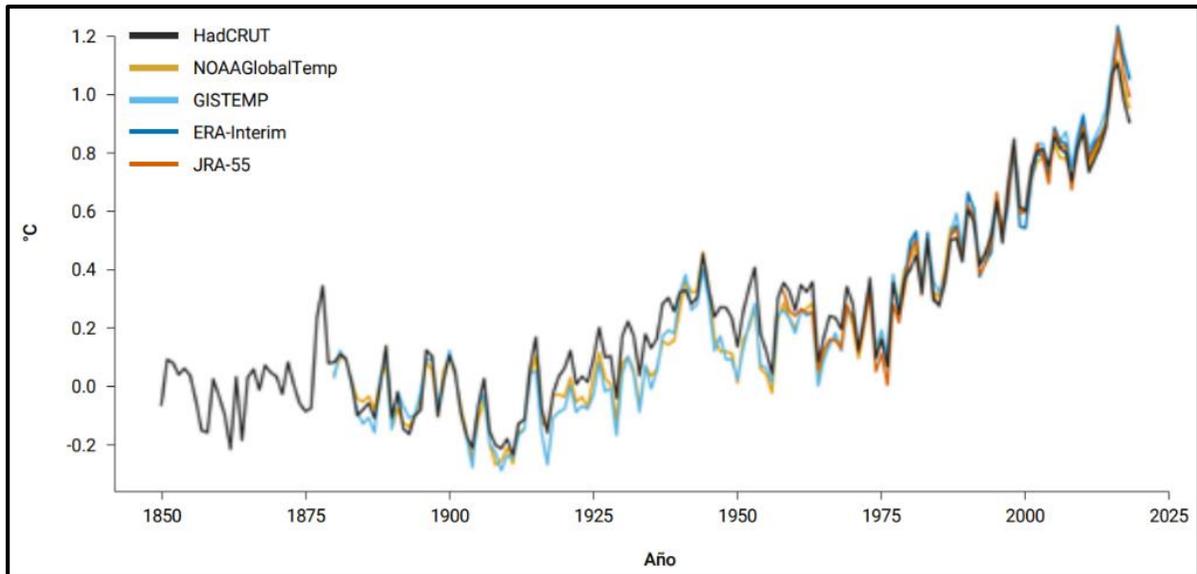


Gráfico 3.1: Anomalías medidas de la temperatura global, comparado con la línea de base de 1850 al 1900 en las cinco colecciones de temperaturas globales. Fuente: UNESCO, ONU-Agua (2020).

En el caso de continuar la tendencia actual en la temperatura, en varias regiones el volumen de las precipitaciones anuales será más incierto, incrementado la gran incertidumbre en los modelos climáticos, lo que dificulta los procesos de predicción y la elaboración de planes de prevención, especialmente en las zonas transitorias entre regiones con aumentos y disminuciones en su precipitación anual, y no excluyen potenciales impactos en extremos climáticos y recursos hídricos (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

Los cambios hidrológicos inducidos por el cambio climático implican mayores riesgos para la sociedad, no solo directamente a través de alteraciones en los procesos hidrometeorológicos que rigen el ciclo hídrico (figura 3.1), sino también indirectamente, como sus efectos en la producción de energía, seguridad alimentaria, desarrollo económico y desigualdad social, entre otros (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

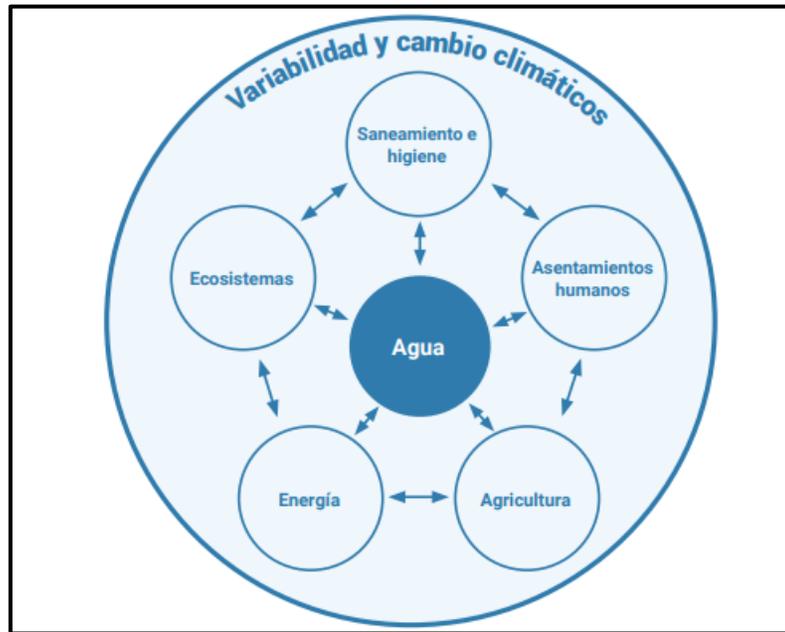


Figura 3.1: Interacción agua y principales sectores socioeconómicos, afectados por la variabilidad climática y el cambio. Fuente: UNESCO, ONU-Agua (2020).

No obstante, los efectos del cambio climático pueden ser altamente idiosincráticos en la escala local (IPCC, 2019). Las tendencias actuales y proyecciones futuras estiman mayores cambios en el clima, y más eventos climáticos extremos en muchas partes del mundo (IPCC, 2014).

Cabe mencionar que los cambios en el cambio y variabilidad climática afectan directamente en los recursos hídricos de variados sistemas, por ejemplo, un déficit de lluvias reducirá la humedad del suelo, el caudal de los ríos y la recarga de las aguas subterráneas. La magnitud de estos efectos continuados dependerá de las condiciones locales, como las propiedades del suelo, la geología, la vegetación y el uso del agua (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

3.2.5. Eventos extremos como consecuencia del cambio climático

Para los promedios anuales de precipitación (especialmente los subtropicales), los modelos globales concuerdan, en gran medida, en un incremento futuro de climas extremos (Hattermann *et al.*, 2018).

Las proyecciones climáticas indican con gran confianza que los eventos de precipitaciones extremas aumentarán la intensidad y frecuencia de las inundaciones. Asimismo, el caso opuesto en otras regiones, aumentarán las sequías y las olas de calor posiblemente se presentarán con mayor

frecuencia y de mayor duración (UNESCO, ONU-Agua, 2020). Tales cambios pueden tener efectos secundarios si se combinan entre sí, por ejemplo, un aumento en las lluvias en zonas con baja cobertura vegetal, podrían ocasionar la desestabilización de laderas, lo que potencialmente desencadenaría más inundaciones repentinas y remociones en masa (Gariano & Guzzetti, 2016).

Las inundaciones globales y los eventos de extrema lluvia han aumentado en más de un 50% en esta década, y ahora se están produciendo a una tasa cuatro veces mayor que en 1980. Otros eventos climatológicos extremos como las tormentas, las sequías y las olas de calor han aumentado en más de un tercio esta década, y se están registrando con el doble de frecuencia que en 1980 (EASAC, 2018).

Durante los últimos 20 años, las inundaciones y las sequías ocasionaron más de 166.000 muertes, afectaron a tres mil millones de personas y causaron un daño económico total de casi 700 mil millones de dólares (EM-DAT, 2019). Las sequías representaron el 5% de los desastres naturales, afectando a 1,1 mil millones de personas, provocaron la muerte de 22.000, y causaron 100 mil millones de dólares en daños durante un período de 20 años (1995 al 2015). En el transcurso de una década, el número de inundaciones aumentó de un promedio anual de 127 en 1995 a 171 en 2004 (CRED & UNISDR, 2015). El gráfico 3.2 muestra las tendencias crecientes de los desastres relacionados con inundaciones a nivel mundial, así como eventos meteorológicos y climatológicos.

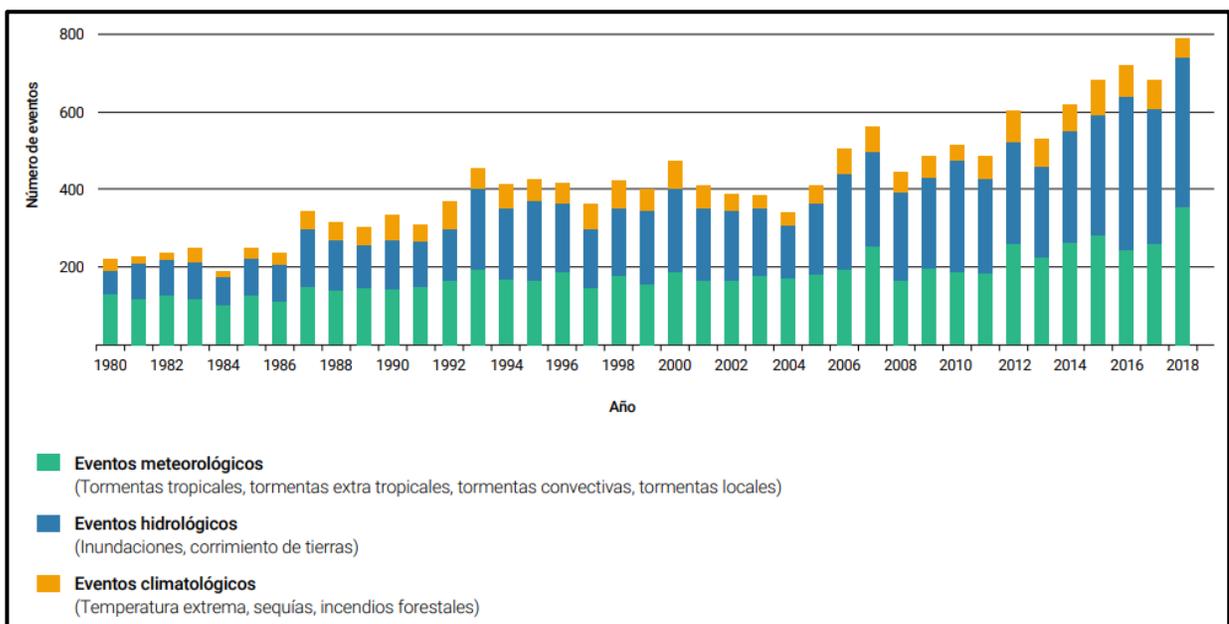


Gráfico 3.2: Catástrofes naturales relacionadas con el clima mundial clasificadas, 1980-2018. Los eventos contabilizados han causado al menos una muerte y/o producido pérdidas normalizadas de ≥ 100 mil, 300 mil, 1 millón o 3 millones de dólares (dependiendo del grupo de ingresos del país afectado, según el Banco mundial. Fuente: UNESCO, ONU-Agua (2020).

3.2.6. Efectos regionales y locales del cambio climático en Chile

Si bien el cambio climático opera a nivel global, ya que toda la atmósfera y aguas superficiales del océano incorporan CO₂ y otros gases de manera homogénea, sus efectos son muy particulares a nivel local (IPCC, 2019), incluso dentro de una comuna o una microcuenca. Conocer los impactos del cambio climático, actuales y proyectadas en cada región, considerando los análisis de vulnerabilidad en el territorio, evaluar riesgos de eventos climáticos extremos, entender las opciones de adaptación y el potencial de mitigación de cada municipio y región, es fundamental para la toma de decisiones y generar acciones planificadas que permitan minimizar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos del cambio climático en Chile, además de promover el desarrollo económico, social y asegurar la sustentabilidad ambiental (MMA, 2017).

Chile es un país altamente vulnerable al cambio climático, cumpliendo con la mayoría de los nueve criterios de vulnerabilidad enunciadas por la CMNUCC, estos corresponden a la presencia de:

- Áreas costeras de baja altura.
- Zonas áridas y semiáridas.
- Zonas de bosques.
- Territorio susceptible a desastres naturales.
- Áreas propensas a sequía y desertificación.
- Zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica.
- Ecosistemas montañosos.

Cabe destacar que el área de estudio se encuentra inmersa en dos áreas sensibles en riesgo, definidas en el informe mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020 (UNESCO, ONU-Agua, 2020), estas son:

I. Zona interior costera: Áreas vulnerables al aumento del nivel del mar, inundaciones, marejadas y vientos más fuertes. Más de 600 millones de personas (alrededor del 10% de la población mundial) viven en zonas costeras que están a menos de diez metros sobre el nivel del mar (McGranahan, *et al.*, 2007) y estas áreas están cada vez más urbanizadas. Los impactos directos tendrán graves impactos en el suministro de agua y la infraestructura de saneamiento (UNESCO, ONU-Agua, 2020).

II. Áreas montañosas: Los glaciares de montaña y ventisqueros, muestran una tendencia decreciente en casi todas partes del mundo (Huss *et al.*, 2017 en UNESCO, ONU-Agua, 2020). Los cambios afectan a una amplia gama de servicios ecosistémicos, incluyendo la administración del agua, la biodiversidad, la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono (Buytaert *et al.*, 2011).

El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (UNESCO, ONU-Agua, 2020), postula que “los gobiernos siguen siendo responsables de dirigir las medidas nacionales de adaptación y mitigación del cambio climático, así como de la gobernanza del agua, el proceso de cambio siempre se llevará a cabo desde la colaboración” (p. 174). Junto con lo anterior, plantea lo relevante que es la participación pública en la gestión de los peligros asociados al cambio climático, para una resiliencia en múltiples niveles, disminuir burocracia y enfatizar la reducción del riesgo para los grupos socialmente más vulnerables. Además, enfatiza que la información actualizada y datos científicos deben estar al alcance de la comunidad (nivel local), la cual debe incluirse como información para la toma de decisiones con múltiples actores.

En el período comprendido entre el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC) y el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC-II), se ha actualizado la información respecto de las proyecciones de cambio climático y la vulnerabilidad e impactos de este fenómeno en Chile (MMA, 2017), a través de los siguientes estudios:

- Estudio del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile el 2012.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) el 2012.
- Dirección Meteorológica de Chile (DMC).
- Estudio “Base digital del clima comunal de Chile: línea base (1980 - 2010) y proyección al año 2050”, elaborado durante el 2016.

Los resultados emergentes de estos estudios son coincidentes, difiriendo principalmente en la intensidad de los cambios proyectados. Una síntesis de los principales efectos del cambio climático evaluados se presenta a continuación:

Temperatura:

Los datos históricos registran aumento en las temperaturas en el valle central y la cordillera, en tanto que las estaciones costeras indican un leve enfriamiento, aunque sin significancia estadística. Los estudios indican que a futuro se experimentaría un aumento de las temperaturas en todo el país,

siendo mayor en la zona norte (MMA, 2017). Hacia el año 2030, habría un aumento de a lo menos 0,5 °C para las zonas sur y austral y de 1,5 °C para el norte grande y el altiplano, según el escenario de menores emisiones de GEI, resultando que estos valores se incrementarían para el período 2031 al 2050 (MMA, 2017).

Precipitación:

En la zona centro-sur del país, se ha observado una disminución estadísticamente significativa en las precipitaciones (Quintana & Aceituno, 2012; Schulz *et al.*, 2011). En la zona semiárida, las precipitaciones se han caracterizado por sucesiones de años lluviosos y sequías multianuales (Ortega *et al.*, 2012).

Hacia el año 2030, se proyecta una disminución de la precipitación entre 5% y 15%, para la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Copiapó y Aysén. Para el período 2031 - 2050, se intensificaría la disminución de la precipitación (MMA, 2017).

Eventos climáticos extremos:

Se espera un marcado aumento de los eventos de sequía, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XXI, proyectándose hacia fines de siglo una ocurrencia de más de 10 veces en 30 años (CEPAL, 2009). Pese a que el número de eventos de precipitación extrema tiende a decrecer en gran parte del país, la ocurrencia de eventos de alta precipitación con temperaturas elevadas aumenta con respecto a la situación base (MMA, 2017).

El análisis de índices de eventos extremos muestra que han aumentado las noches cálidas desde el Norte Grande a Coyhaique, con disminución de las noches frías. En Santiago, que posee la serie de tiempo de datos diarios más larga del país, se registra un aumento de las olas de calor, definidas como 3 días consecutivos por sobre el percentil 90%, que corresponde a los 32,4 °C (Villarroel, 2013).

Biodiversidad:

Se proyecta una pérdida importante del patrimonio genético nacional, caracterizado por un alto endemismo. Esto sería debido a que los bioclimas asociados a ellos parecen desconfigurarse (MMA, 2017).

Recursos Hídricos:

El MMA (2017) proyecta una reducción significativa de los caudales medios mensuales en las cuencas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Junto con lo anterior, se prevé una elevación de la isoterma de 0 °C, que trae como consecuencia la reducción de las reservas de agua en las cabeceras de cuencas nivales y el aumento del riesgo de desastre, durante eventos de precipitación extrema y altas temperaturas, los cuales aumentarán considerablemente el caudal de los ríos, pudiendo generar inundaciones y aluviones.

Salud:

Para el PANCC y PANCC-II (MMA, 2017), se postulan las siguientes consecuencias en la salud:

- Las alteraciones de parámetros climáticos, tales como precipitación, humedad y temperatura, podrían aumentar la ocurrencia de algunas enfermedades ya existentes en el país, facilitar la introducción de nuevas enfermedades y exacerbar el efecto de ciertas variables ambientales en la salud. Como ejemplo, en la zona centro-sur del país, se espera un aumento de enfermedades transmitidas por roedores y garrapatas (hantavirus y rabia).
- La disminución de la calidad y disponibilidad de agua y alimentos, producto de sequías e inundaciones, podría tener impactos en la nutrición y calidad de vida de la población y en el incremento de la incidencia de algunas enfermedades no transmisibles.
- Los aumentos en la frecuencia e intensidad de las olas de calor y de los eventos climáticos extremos, tendrán impactos directos en la salud física y mental de la población.
- El deterioro en la calidad del aire, aumentado por la mayor frecuencia de condiciones meteorológicas de mala ventilación podría incrementar los problemas en la salud de la población. Por ejemplo, el material particulado respirable negro (hollín) tienen un efecto directo sobre la salud.

Infraestructura:

El aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos, tales como precipitaciones extremas asociadas a aluviones, aludes, desbordes de ríos e inundaciones, pondría en riesgo la infraestructura pública construida, como por ejemplo las obras de vialidad, puentes, puertos, infraestructura hídrica, etc. Con un impacto importante sobre los servicios provistos por

estas obras: conectividad terrestre-marítima-aérea, provisión de agua potable, sistemas de evacuación de aguas y otros (MMA, 2017).

Pesca y acuicultura:

El cambio climático podría reducir significativamente la capacidad reproductiva de peces pelágicos (anchoveta, jurel, sardina) en la surgencia de Humboldt (Brochier *et al.*, 2013). Según Fuenzalida *et al.* (2007), el nivel medio del mar se incrementaría entre 5 y 10 cm al año 2050 y entre 12 y 28 cm al año 2100. Es posible que el cambio en el nivel del mar no tenga efectos directos sobre los recursos cultivados, pero sí sobre los centros de cultivo, por cambios de la salinidad de las aguas estuarinas.

La captura de anchoveta (*Engraulis ringens*) podría verse incrementada si la temperatura superficial del mar (TSM) disminuye en 0,02°C/año, pero ocurriría lo contrario si aumenta en 0,034 o 0,025°C/año (Yáñez *et al.*, 2014 en MMA, 2017). Se esperan leves disminuciones (alrededor del 5%) en las capturas de la pesca con palangre del pez espada (*Xiphias gladius*) si la TSM aumenta entre 1,0 y 2,3°C hacia el año 2050 (Silva *et al.*, 2015).

Zonas Urbanas:

El aumento de temperatura y reducción de precipitaciones preocupa especialmente en las ciudades, que son las zonas donde se concentra la mayor parte de la población chilena y donde la demanda por el recurso hídrico aumentará (MMA, 2017).

Las olas de calor pueden verse acentuadas por las características de la urbanización. Se proyecta una presión adicional sobre el suministro de agua potable (con inversión mayor para alcanzar la calidad normada), el alcantarillado, los sistemas de energía y los servicios de transporte; también, se espera una mayor presión sobre los servicios de salud, especialmente entre la población de estratos socioeconómicos más bajos (Proyecto CAS, 2012 en MMA, 2017).

También se prevé un aumento de condiciones de mala ventilación para los valles centrales de Chile en la época de invierno con el consiguiente agravamiento de los problemas de contaminación atmosférica existentes.

4. IDENTIFICACIÓN DE COMUNES

4.1. Generalidades

Para determinar cuáles son los bienes comunes de mayor interés para la comunidad, sobre los cuales posteriormente se comparan y evalúan su estado con los parámetros bio-geo-físicos descritos en el capítulo 5 y 6, primero se realizó un catastro por medio de entrevistas semiestructuradas guiadas por el antropólogo César Pérez Guarda (pauta de la entrevista en anexo I.A), con un enfoque individual o grupal a actores clave dentro de la comunidad con énfasis de la recopilación de la percepción de cambios históricos en estos comunes desde los años 1970 hasta el 2022 (fotografía 4.1). Estas fueron registradas en audio con sus respectivas firmas previas de consentimiento informado (formato del consentimiento informado en anexo I.B).



Fotografía 4.1: Entrevista a Sra. Dory del Río, residente del sector de Pulamemo. Tomada por Francisco Bastías.

El análisis de la percepción de los comunes de interés se realizó considerando como fuente de información, las notas durante las entrevistas, examinación de las grabaciones y apuntes efectuados en una planilla de sistematización realizada por César Pérez. El resumen de la información recopilada se detalla en el capítulo “4.2. Resumen entrevistas a actores clave del territorio”.

Junto con lo anterior, la información fue complementada con información recopilada a partir de cartografías participativas, efectuadas en tres oportunidades (02/09/2022 recurso hídrico, 27/09/2022 algas y 24/10/2022 mariscos), en donde se representó la información en mapas, el detalle de la metodología e información recopilada en el “4.3. Cartografía participativa”.

4.2. Resumen entrevistas a actores clave del territorio

4.2.1. Recurso hídrico: agua de los ríos y sus afluentes (esteros, vertientes, *menokos* y *trayenkos*)

El recurso hídrico es esencial para el desarrollo de procesos orgánicos, consumo doméstico, riego en agricultura de pequeña escala, como también para actividades turísticas durante la temporada de verano.

En sectores más urbanizados como Bahía Mansa y Pucatrihue, la disponibilidad del recurso hídrico ha llegado a niveles críticos durante el verano del 2021. En Maicolpí –zona sur de la localidad de Maicolpué– no se ha acusado falta de agua, pero sí una disminución del recurso durante la temporada estival. Cabe mencionar que el aumento de la población de los últimos 10 años ha ocasionado un aumento considerable en la demanda de este recurso.

En Bahía Mansa han ocurrido episodios de suspensión de agua potable durante el verano, que se han prolongado hasta de una semana, por lo que ha sido necesario el uso de camiones aljibe – provistos por la municipalidad– para abastecer de agua potable a dichas localidades. Los pobladores han comentado que entre los años 2010 y 2013, se desarrolló un conflicto por la gestión de una posible instalación de un proyecto hidroeléctrico el río Maicolpué.

Los pobladores atribuyen la disminución en la cantidad y calidad del suministro hídrico, tanto en los ríos, esteros, afluentes y humedales a los siguientes factores:

- Creciente sequía durante los últimos 20 años, con veranos cada vez más calurosos.
- Plantaciones de monocultivos –eucalipto y pino– que consumen abundante agua, estas se ubican en sectores ribereños como es el caso del sector de Pulamemo. Estas plantaciones forestales fueron parte de una colaboración entre las políticas públicas y el sector empresarial, con el fin de aumentar y diversificar los ingresos de la población rural – campesinos tradicionales–.
- Disminución de áreas propias de bosque nativo, que actúa como parte del sistema hídrico que retroalimenta los cursos de agua.
- Crecimiento de la población en todas las localidades costeras (zona litoral de la comuna de San Juan de la Costa).

La comunidad ha empleado mecanismos para resguardar el recurso hídrico, tales como la implementación de mesas de trabajo y constantes diálogos con autoridades comunales. Además, de denuncias públicas, como lo ocurrido con la gestión de la instalación hidroeléctrica en el río Maicolpué, la gestión fue retrasada (no hay confirmación de la detención en las obras), esto fue posible gracias a la intervención de la comunidad indígena de la zona y sus denuncias oportunas.

4.2.2. Mariscos, con énfasis en el loco (*Concholepas concholepas*)

La extracción de mariscos y su comercialización es parte fundamental del sustento financiero de muchas familias de pescadores y recolectores de orilla, especialmente en Bahía Mansa y Pucatrihue, además de ser parte de la dieta básica de la población local.

Los pobladores comentan una importante disminución en el tamaño y volumen de los moluscos, respecto a décadas anteriores, como también la desaparición de algunos bancos marinos como es el caso de las machas (*Mesodesma donacium*) de Mailcolpué y Pucatrihue. Lentamente se está recuperando la biota marina, pero no con la misma calidad y abundancia que en décadas anteriores.

Se atribuyen estos cambios en la biota a:

- La sobrexplotación de recursos marinos durante el período denominado “la Fiebre del Loco” (1980-1990), conllevó a una drástica reducción de la biota marina nativa. La gran abundancia de mariscos durante este período fomentó la economía local, aumentando el flujo de capital; pero una vez finalizada la abundancia del recurso se desencadenaron problemas sociales como el alcoholismo, drogadicción y prostitución.
- Se acusa la ocurrencia de “corrientes marinas asesinas” durante la década del 1990-2000, que habrían ocasionado una gran mortalidad de ejemplares marinos, desde crustáceos como jaibas juveniles, hasta piures (*Pyura chilensis*) y locos. Se comenta entre los pobladores que el mar presentaba una sustancia “aceitosa que impregnaba todo”. El origen de este suceso es desconocido por los pobladores.

Existen herramientas de ordenamiento y gestión económica del territorio marítimo, tales como las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) que se encuentran vigentes y los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (ECMPO) que se encuentran en tramitación.

A pesar de las medidas, en la zona existe problemas como la transgresión de las áreas de manejo, incumplimiento de las vedas y robos, se acusa que esto es efectuado por personas que no son pobladores locales (“afuerinos”). La comunidad enfrenta estas problemáticas con fiscalización mutua y vigilancia/organización local.

La comunidad sugiere un mayor apoyo por parte de la autoridad marítima en la fiscalización y una mejor comunicación entre las entidades académicas y centros de investigación, para conocer y entender mejor la biota de la zona y así implementar planes para su cuidado.

4.2.3. Algas: cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), luche (*Porphyra* sp.) y luga negra (*Sarcothalia crispata*)

Similar al caso de los mariscos, las algas son un sustento económico para los pobladores locales, como también parte fundamental de su dieta. Los pobladores locales han observado una disminución en la abundancia de estos bienes comunes, como también una reducción de las áreas de recolección. Esto lo atribuyen a:

- Sobreexplotación, si bien existe un registro de recolección de orilla, este no ha sido un mecanismo factible para regular esta situación.
- Prácticas no sustentables de extracción de algas, como la tala del cochayuyo con su “raíz” o la extracción desmedida que sobrepasa su capacidad de renovación.

Actualmente los pobladores prevén un futuro colapso en la disponibilidad de algas, pero a pesar de la preocupación, no hay medidas en torno a resolver estos problemas de forma inmediata.

Se comenta la sugerencia de implementar capacitaciones, con el fin de fomentar buenas prácticas en la extracción de las algas y generar una conciencia en su cuidado. También se propone mayor apoyo de las entidades académicas para fomentar la difusión de información sobre los buenos cuidados hacia las algas.

4.2.4. Bosque nativo

El área de bosque nativo contempla tanto las especies vegetales dentro de este, como también los productos que dependen de este ambiente, por lo que se agruparon de la siguiente manera:

- Productos Forestales Madereros (PFM): leña para fines domésticos, comerciales y artesanías. Las especies más mencionadas son el alerce muerto (*Fitzroya cupressoides*), mañío (*Podocarpus saligna*), avellano (*Corylus avellana*), tepa (*Laureliopsis philippiana*), olivillo (*Aextoxicon punctatum*), arrayán (*Luma apiculata*) y notro (*Embothrium coccineum*).
- Productos Forestales No Madereros: corresponden a productos de recolección, tales como hongos (gargal, loyo, changle/chandi), frutos del bosque (murta, chupón, maqui) y nalcas/pangue (*Gunnera* sp.).

Se comentó que estas áreas se encuentran bajo amenaza por:

- Veranos cada vez más calurosos, lo que dificulta la retención de humedad, y reduce la proliferación de hongos y la propagación de espacios verdes.
- Varios pobladores dentro de sus predios talan una zona de bosque nativo, con el fin de plantar eucaliptos y así obtener a corto plazo acceso a PFM, ya sea para subsistencia económica y/o calefacción. En algunas zonas estas ya han sido renovadas en reiteradas ocasiones (2 a 3 veces). Al ser predios privados las fiscalizaciones por parte de la CONAF son mínimas, cabe destacar que la gran mayoría cuenta con planes de manejo.
- En la década del 1990 al 2000, las áreas de bosque nativo se han visto afectadas por obras públicas, como por la construcción del tendido eléctrico y la red vial (Ruta Costera). Esto requirió como materia prima la madera, lo que conllevó a una abundante tala de bosque nativo, con énfasis en el alerce, para la elaboración de viviendas –tejado– y empalme eléctrico –postes de luz–.
- Disminución de cobertura vegetal por fomentar el desarrollo urbano.

Los bosques nativos mejor resguardados se ubican en las zonas “periféricas” de las caletas y se encuentran en un buen estado de conservación. Son áreas a cargo de comunidades indígenas, como es en el caso de Caleta El Manzano y Maicolpí (comunidad “*Lafken Mapu Lahual*”).

Algunos mecanismos adaptados para resguardar estas áreas fueron denuncias públicas y diálogos con autoridades, que permitieron cambiar el proyecto de red vial hacia un enfoque de conectividad entre comunidades aisladas y no en un transporte de gran envergadura. Se propone educar y capacitar a la comunidad sobre la importancia del cuidado del bosque nativo.

4.2.5. Lengua *williche* “*Che süngun / Tse süngun / Chesungun*”

Variante territorial de la Lengua Mapuche –mapudungún–, o geolecto que empieza a constituirse en la latitud del lago Ranco, hasta la latitud de la actual comuna de Maullín, con presencia en la depresión intermedia y con predominio en la zona cordillerana costera de las provincias de Osorno y Llanquihue (Rumian, 2011).

La comunidad lo percibe como un patrimonio común de la comuna en estudio. Se describe por los pobladores en una situación de baja vitalidad, por el escaso número de hablantes nativos, algunos han comentado la posibilidad de estar en peligro de desaparecer. Cabe destacar el gran avance en proceso de revitalización de los último 10 años, esfuerzo guiado por las escuelas locales (docentes como Salvador Rumian, César Pérez y Mireya Espina), y el apoyo sostenido y constante de las comunidades indígenas de la localidad.

La comunidad propone generar instancias de intercambio de saberes para propagar este conocimiento, tal como la utilización de términos propios del *che süngun* en actividades cotidianas como:

- *Menoko*: Ojo de agua con un flujo hídrico contante, algunos de estos son de índole sagrada para los *williches*.
- *Lawen*: Zona con abundantes hierbas medicinales, frecuentemente inmersas en zonas de humedal. Fundamental en tiempos cuando era complejo el acceso a centros médicos. Las hierbas son usadas hasta el día de hoy.
- *Trayenko*: Flujo de agua en caída vertical, cascadas.
- *Hualve*: Zonas sumergidas siempre en agua, similares a pantanos.
- *Mallín*: Zonas con períodos sumergidos en agua y en verano o temporadas de abundante calor se secan permitiendo el acceso.
- *Kollofe*: Alga.

No fue posible analizar el estado del *che süngun* por medio de parámetros bio-geo-físicos analizados en este trabajo. Sin embargo, se recomienda una profundización de este común en estudios posteriores en la zona, debido a su importancia cultural y patrimonial.

4.3. Cartografía participativa (CP)

4.3.1. Definición cartografía participativa

La CP es un ejercicio de creación colectiva, en donde diferentes sujetos o colectivos –en este caso actores clave en la gobernanza de bienes comunes– conforman una mesa de trabajo –laboratorio de codiseño–, en donde los participantes actúan como agentes de la construcción y no solo informantes (Gil & Gómez, 2019). En otras palabras, se trata de procesos de elaboración de mapas llevados a cabo por un grupo de personas –actores clave–, que tratará de reflejar visualmente diversos tipos de relaciones que las personas tienen entre sí, así como, con su entorno espacial (Braceras, 2012).

Braceras (2012), explica que la CP surgió a partir de las metodologías del diagnóstico rural participativo, como una forma de recopilar y plasmar en medios tangibles la información que tradicionalmente se transmitía de manera verbal. Los métodos visuales, como los mapas, facilitan la incorporación de este tipo de fuentes de información, logrando fomentar la participación de un mayor número de personas, a la vez que aumenta el diálogo y la negociación. Los mapas realizados a través de CP son reflejo de la percepción que tiene la comunidad sobre su territorio, quien es la que conoce mejor sus recursos, sus relaciones sociales, fortalezas y límites.

4.3.2. Metodología de CP aplicada en el estudio de bienes comunes

Para complementar la información proporcionada por la comunidad a través de las entrevistas (en este caso guiadas y sistematizadas por César Perez Guarda), se decidió implementar el método de cartografía participativa (CP) para representar gráficamente la evolución y la percepción del estado de los bienes comunes reconocidos por la comunidad.

La aplicación de la metodología de la CP se efectuó durante los laboratorios de codiseño guiados por el equipo del Proyecto Anillo ACT210037. La implementación de la CP, primero consistió en la elaboración de un mapa base (figura 4.1 y anexo II), en el cual los participantes relataron, plasmaron y representaron los hitos relevantes vinculados a los bienes comunes sobre unas micas transparentes (tamaño carta) de acuerdo con el rango temporal que se quería plasmar (fotografía 4.2). La representación fue por medio de texto, iconos, dibujos y/o acrónimos.

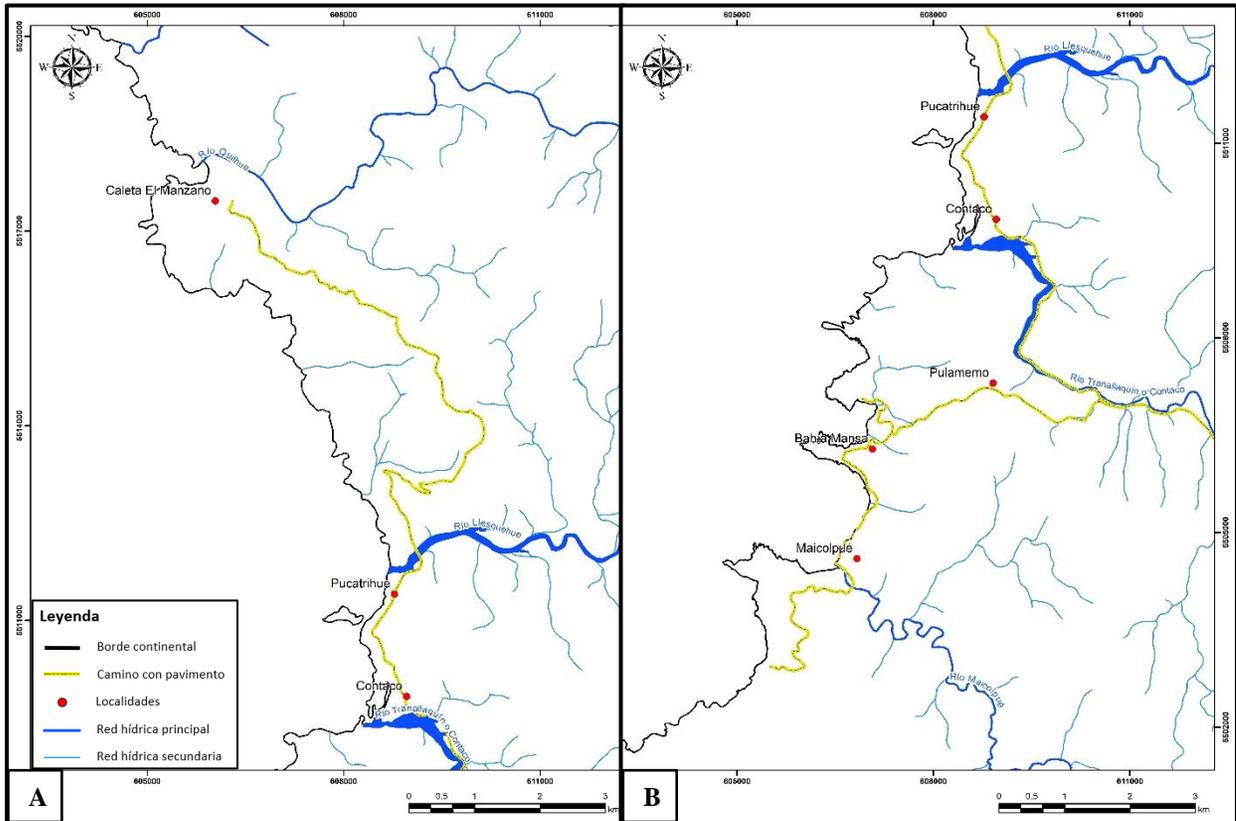
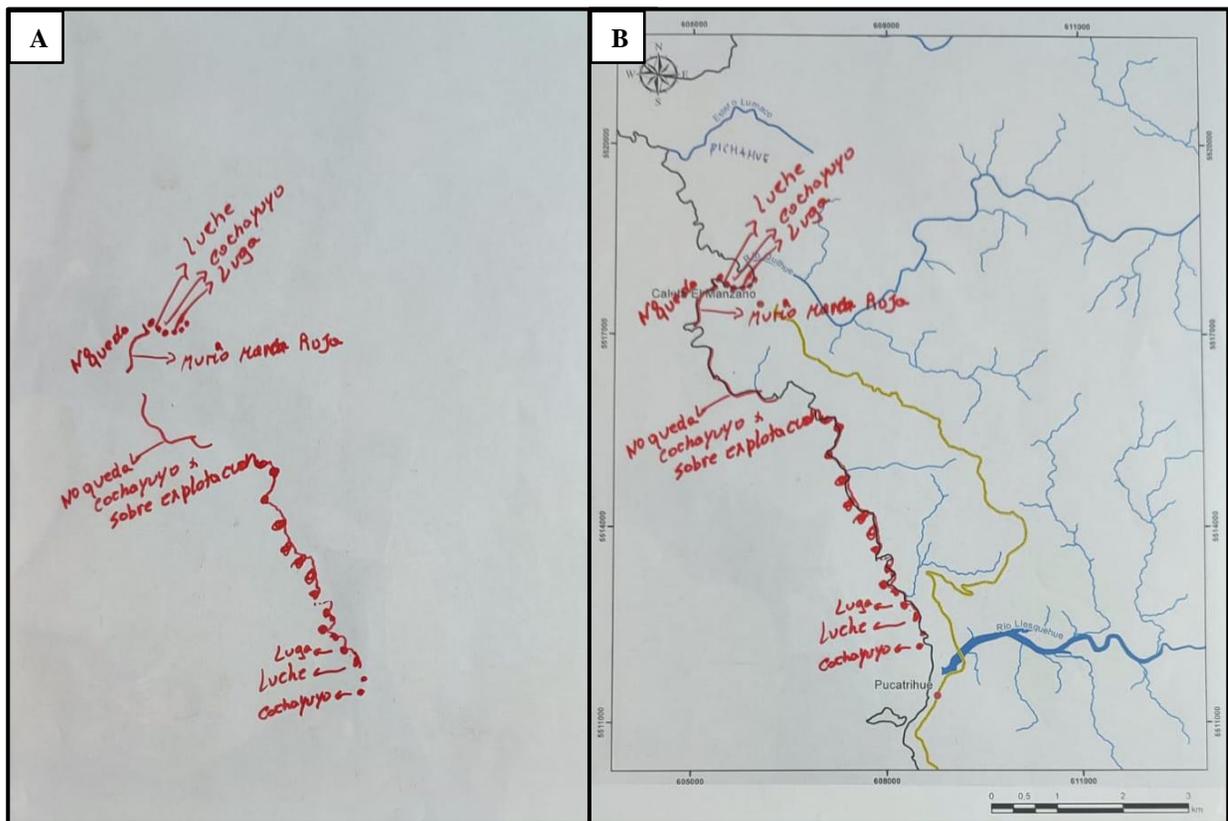


Figura 4.1: Mapa base de cartografía participativa, zona norte (A) y zona sur (B). Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4.2: Apuntes de la comunidad (CP algas del 2000 al 2022) en mica transparente. (A) Mica transparente sobrepuesta en hoja blanca. (B) Mica transparente sobrepuesta a mapa base norte (figura 4.1.A). Fuente: Elaboración propia.

La instrucción que se indicó para todas las instancias de CP, consistió en representar en el mapa cuáles son los bienes comunes más relevantes en el área de estudio en tres rangos temporales:

- 1980 al 1990, en color negro.
- 1990 al 2000, en color azul.
- 2000 al 2022, en color rojo.

Las consultas se centraron en cómo han cambiados los comunes en el tiempo, en qué ambiente o contexto ambiental están inmersos, cuáles son sus amenazas directas e indirectas y cuáles son los cuidados que se podrían llevar a cabo para su conservación.

En los siguientes subcapítulos, se resumen las acotaciones más relevantes durante la aplicación de la cartografía participativa. Cabe destacar que no se incluyeron los nombres científicos de los bienes comunes biológicos (algas, mariscos, plantas), debido a que en la mayoría de los relatos los pobladores utilizan solo el nombre común del ejemplar, desconociendo el nombre científico de la fauna marina.

4.3.3. CP sobre el común hídrico

Esta actividad se efectuó el 02 de septiembre del 2022, en la localidad de Bahía Mansa. Asistieron 15 pobladores pertenecientes a las localidades de Caleta El Manzano, sector Choroy-Traiguén (ladera norte de la desembocadura del río Llesquehue), localidad de Pucatrihue, sector Contaco (desembocadura del río Tranallanquín o Contaco), sector Pulamemo, Bahía Mansa y Maicolpué. En dicha actividad también participaron dos representantes de Servicio País, programa de la Fundación Superación de la Pobreza (FUSUPO). La actividad fue guiada por el equipo del Proyecto Anillo ACT210037.

A continuación, se describen los puntos más relevantes mencionados por la comunidad durante la CP sobre el común del recurso hídrico, todos los mapas finales de la cartografía participativa del recurso hídrico están en el Anexo II.A, y estos son cuatro: 1980 al 1990, 1990 al 2000, 2000 al 2022 y un mapa que integra los cambios más relevantes.

4.3.3.1. Década entre los años 1980-1990, recurso hídrico

Las redes hídricas –ríos, esteros, vertientes y humedales– eran abundantes y cristalinas en toda la zona litoral, el recurso hídrico era considerado de uso comunitario y de libre acceso. Debido a la

abundancia de agua, no había conflictos, y no era necesario algún tipo de intervención para el procesamiento o purificación del agua, por ende, no se cobraba por el uso de este recurso y todavía no se instalaban los medidores de agua.

Se destaca la presencia de vegas en las zonas aledañas a la desembocadura del río Tranallanquín o Contaco (estuario), siendo la principal zona donde se recolectaba el recurso hídrico del poblado del Contaco (estero aledaño a la escuela de Pucatrihue). Además, era una zona importante para las machi, debido a la abundancia de *lawen* (hierbas medicinales, principal medio material ante problemas de salud) y la presencia de tres *menokos* de uso ancestral para rituales *williches*.

Los pobladores afirman que a pesar de que se usan los esteros para limpiar ropa y otros objetos, el agua no se contaminaba de forma permanente, sino que la suciedad escurría, lo cual se atribuye de acuerdo con los pobladores a que en esta época se usaban jabones naturales, elaborados a partir de grasa animal y soda caustica.

4.3.3.2. Década entre los años 1990-2000, recurso hídrico

Los pobladores describen que se perciben pocos cambios en la abundancia y calidad del recurso hídrico. Esta época se caracterizó por el aumento en la urbanización de los sectores más poblados:

- Se inicia la instalación de Aguas Potables Rurales (APR) en Pucatrihue, Bahía Mansa y Maicolpué, por lo que comienza la cobranza por el consumo de agua. Se construyen APR, cuya captación de agua se ubica en el estero sagrado (aledaño a la escuela de Pucatrihue), desde entonces no se permite extraer directamente agua de dicho sector.
- Se construye camino sobre el humedal/vega en el estuario del río Tranallanquín o Contaco. Esto provocó una pérdida en la biota nativa (principalmente aves). Dicha situación inició un conflicto entre el Gobierno y los pobladores, obligando a estos últimos solicitar a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) la paralización de las obras, lo que se realizó solo de forma parcial.
- Incremento en la construcción de viviendas en humedales, laderas de los cerros y playas.

Aumento en la llegada de turistas durante el verano, principalmente al balneario de Pucatrihue (figura 4.2). También hay un aumento en la cantidad de nuevos pobladores y población “flotante”, debido a los remanentes del período “Fiebre del Loco”.

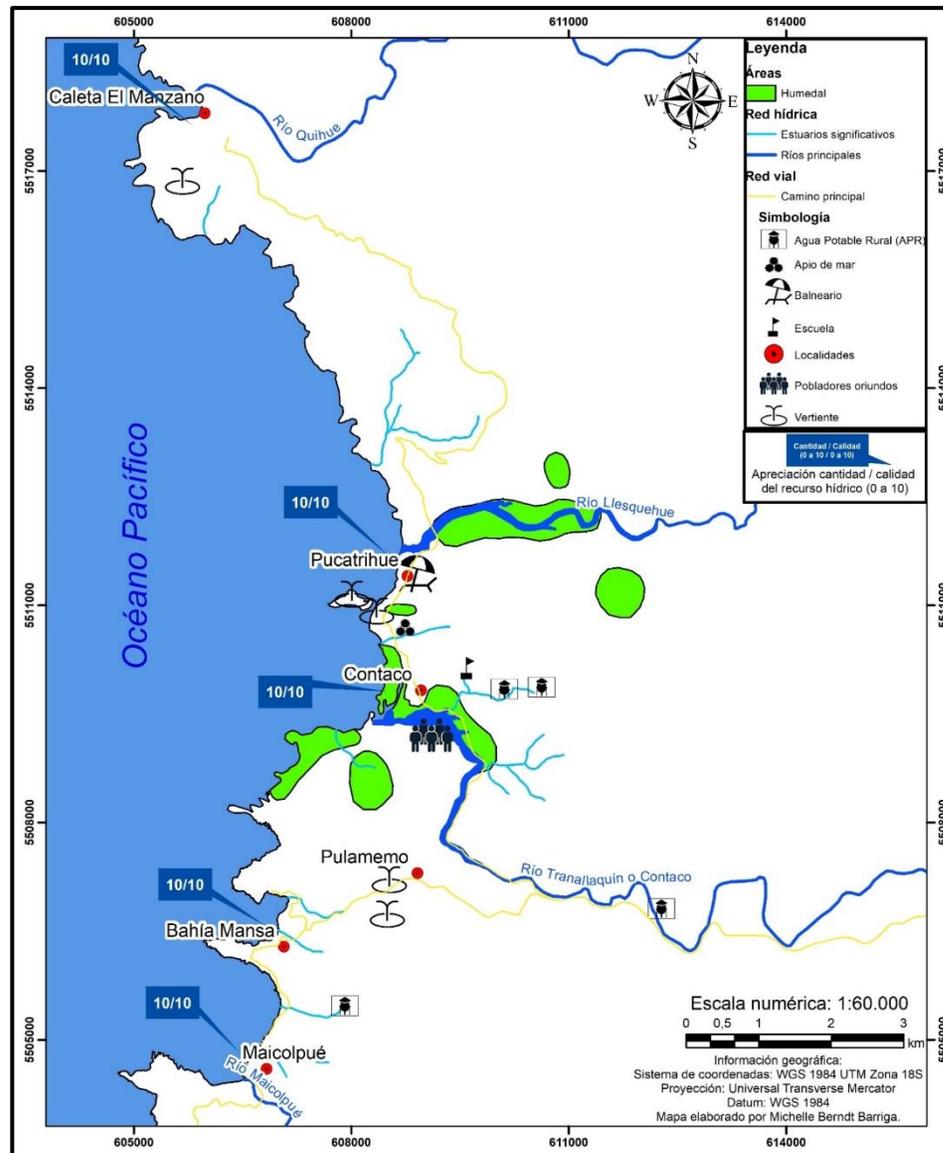


Figura 4.2: Cartografía participativa hídrica entre los años 1990 al 2000. Recopilado de información proporcionada por la comunidad. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3. Década entre los años 2000-2022, recurso hídrico

Notoria disminución en la cantidad y calidad del recurso hídrico. Los APR de las zonas más pobladas (Bahía Mansa y Pucatrihue), ya no son suficientes durante el verano, siendo necesario la utilización de camiones aljibe durante el 2018 y 2019 (proporcionados por la municipalidad). Junto con lo anterior, se acusa mala calidad del agua potable en la localidad de Bahía Mansa. Como medida de resguardo del recurso hídrico, algunos pobladores reutilizan el agua de las tinajas en huertas e invernaderos.

Aumento explosivo en la población, y por consiguiente incremento en la construcción de viviendas, siendo más pronunciado desde el 2009 hasta el 2022. Continúan y se agravan los problemas asociados a la poca regularización en obras de urbanización (construcción de viviendas, mantención de caminos, entre otros), si bien se han realizado denuncias, la municipalidad no puede intervenir porque acusan una falta en el plano regulador comunal. Algunos de los problemas vinculados a la urbanización son:

- Aumento en la cantidad de construcciones en zonas que originalmente eran área de humedal (sectores aledaños a los estuarios), y sectores con alta probabilidad de riesgos geológicos (remociones en masa e inundaciones).
- Problemas de desagües domésticos en el sector Contaco. Se acusa la necesidad de una nueva captación de agua, ya que actualmente el estero no sería suficiente para abastecer el requerimiento del recurso hídrico.
- Incremento en la cantidad de tinajas de uso turístico durante todo el año, anteriormente eran utilizadas solo durante el verano.
- Se acusa al municipio de extraer áridos del río para la mantención de caminos. Se presume que afecta el cauce natural del río, junto con su biota nativa (flora y fauna).
- Instalación del puente mecano modificó el cauce natural del río Llesquehue, y posiblemente fue el responsable de la disminución de la fauna local.
- En los testimonios de la comunidad se acusa que el estuario del Llesquehue se ha ido rellenando (drenado parcialmente, y remplazando el tipo de suelo), con el fin de estabilizar el terreno para poder continuar construyendo en dicha zona.
- El arriendo de tierras para plantaciones forestales podría incidir en la disponibilidad hídrica, ya que las especies exóticas (pinos, eucaliptos, avellanos) consumen una mayor cantidad de agua que las plantas nativas.
- El uso de jabones y detergentes “artificiales” (químicos), podrían contribuir en la contaminación del recurso.
- En períodos de marejadas, las viviendas ubicadas a orillas de playas y estuarios se han visto afectadas por el oleaje.

Finalmente, a partir de los cambios planteados durante la actividad, los pobladores destacaron las siguientes sugerencias planteadas por los mismos participantes de la comunidad: una mayor

educación ambiental sobre el cuidado del agua, desde su uso eficiente, hasta soluciones sustentables; instalación de una copa de agua comunitaria; e implementar medidas para crear mayor conciencia en los turistas sobre el cuidado del agua.

4.3.4. CP sobre el común algas

Esta actividad se realizó el 27 de septiembre del 2022, en la zona sur del sector de Caleta El Manzano, en la sede de la Comunidad Mapuche Choroy Traiguén. Asistieron 21 habitantes locales, habiendo pobladores de Caleta El Manzano, sector Choroy-Traiguén, sector Contaco (desembocadura del río Tranallanquín o Contaco), sector Pulamemo, Bahía Mansa y Maicolpué. En dicha actividad, también participaron dos representantes de Servicio País. La actividad fue guiada por el equipo del Proyecto Anillo ACT210037.

A continuación, se describen los puntos más relevantes de la CP sobre el común algas, todos los mapas finales de esta actividad están en el Anexo II.B, y estos son cuatro: 1980 al 1990, 1990 al 2000, 2000 al 2022 y un mapa que integra los cambios más relevantes.

4.3.4.1. Década entre los años 1980-1990, algas

Gran abundancia y calidad de las algas y otros productos marinos en toda la zona litoral. Dicha abundancia permitió que no existieran disputas por el recurso ni límites en la recolección, por lo que tampoco ocurría robos entre los recolectores y vecinos. La recolección era por temporadas y la cantidad de especies variaba por año. Eran pocos los tipos de algas que se utilizaban para el consumo y comercialización, principalmente el cochayuyo, el luche y en menor medida la luga.

Respecto al cochayuyo, este se consumía como alimento común en las casas y como fertilizante de huertos. La cosecha era durante el verano y se dejaba a rezago durante el invierno. Su venta era poco rentable, era más para consumo personal, y no para la comercialización.

La que se recolectaba era la luga roja, llamada como luga cuchara, corta y chancho. Su comercialización comienza a fines de esta década, siendo la luga seca de mayor valor. Uno de los lugares más comunes para secarla era en el centro de la plaza de Maicolpué. Eran comunes los bancos de luga en la playa central y en el faro de Maicolpué.

Prácticas comunes:

- La selección de áreas de recolección era según las posibilidades de acceso y clima. Las marejadas y cuevas ocultas eran un gran riesgo para los recolectores y pescadores de la zona, no cualquiera podía adentrarse en las mejores zonas de recolección.
- El principal medio de transporte era el caballo, lo que dificultaba y limitaba el traslado de los recursos para la comercialización.
- La recolección de algas se enseñaba desde la infancia y se realizaba en familia, sin importar el género ni la edad, cada uno tenía un rol asignado. Se llevaba a cabo en grupos de 10 a 15 personas.
- Se utiliza para la recolección los *quiñes* y la *perra* (este último es un aro de poco diámetro que se entierra en la arena). Las algas recolectadas se cubrían con *pangue* (hojas de nalca) para evitar que se mojen por la lluvia.
- Los productos marinos eran vendidos en la feria de Rahue (Osorno), en donde el cochayuyo se comercializaba por plato.

Problemática:

- A fines de este período comienza la sobreexplotación de recursos marinos, este tiempo se conoce como la “Fiebre del Loco”.

4.3.4.2. Década entre los años 1990-2000, algas

Durante estos años la cantidad y calidad de las algas no se vio muy afectada, a diferencia de los productos bentónicos como los mariscos, peces y crustáceos que sí se vieron afectados por la “Fiebre del Loco”. En esta década, no hubo una regulación clara respecto a la cantidad permitida en la extracción y/o recolección de algas, se relata lo siguiente “el límite de qué tanto se podía cargar los buses con algas, era el túnel, dependía si podía o no pasar a través de este”.

Los métodos de extracción se mantienen, pero a la llegada de más tecnología, como los vehículos, fue facilitando el acceso a las áreas de recolección y era posible llevar las algas hacia el hogar para así no tener que secarlas lejos en el lugar donde se recolectaban (aumentando la eficiencia y el cuidado de este recurso). Se respetaban los espacios entre los vecinos, había un sistema de administración local, no había robos. Las mujeres pescadoras eran poco reconocidas dentro del rol.

Hitos:

- Implementación de áreas de manejo (AMERB). Lo cual en un tiempo condujo a conflictos.
- Comienzo del apogeo de la venta de luga.
- Comienza el desarrollo turístico en las playas, siendo la primera las dunas de Pucatrihue.

Problemáticas:

- Excesiva extracción debido a la comercialización desmedida de recursos marinos.
- El precio de los recursos marinos era definido por los compradores y no los vendedores.
- Durante el 1996-1998 ocurre una mortalidad marina de recursos bentónicos, como el loco, lapa y jaibas juveniles.
- Falta de políticas públicas con pertinencia local, se tomaron decisiones desde el nivel gubernamental/político sin tener en consideración las condiciones de vida particulares de las localidades costeras de la comuna.

4.3.4.3. Década entre los años 2000-2022, algas

El turismo comenzó con fuerza durante este período, y debido a la gran abundancia de turistas durante el verano, se ha convertido en una problemática por el uso excesivo del recurso hídrico y contaminación. Se acusa que es debido a una falta de educación por parte de los turistas respecto a la conservación y protección ambiental. Además, se acusan intereses propios y/o rivalidades antiguas dentro de este rubro que no permiten un mayor desarrollo asociativo.

Cambios importantes en la biota marina:

- Sobreexplotación de algas, tales como el luce, cochayuyo, tinilhue y huiro. La disminución de todo tipo de algas es notoria (desde hace aproximadamente 8 años). Destacan los pobladores la escasez del alga pelillo en Pulamemo
- Se observaban corvinas y robalos en abundancia en Maicolpué. Desde hace 10 a 15 años no ha sido posible encontrar pejerreyes en dicha zona.
- Disminución de jaibas y centollas. En un tiempo de abundancia se cortaban las tenazas y el resto del cuerpo lo desechaban en el mismo lugar donde se encontraron los ejemplares (comienzos del 2000).
- Variaciones en la abundancia de huiro y cambios en sus zonas de distribución.

- Actualmente las áreas de recolección se han reducido por la disminución en la disponibilidad de las algas (figura 4.3).

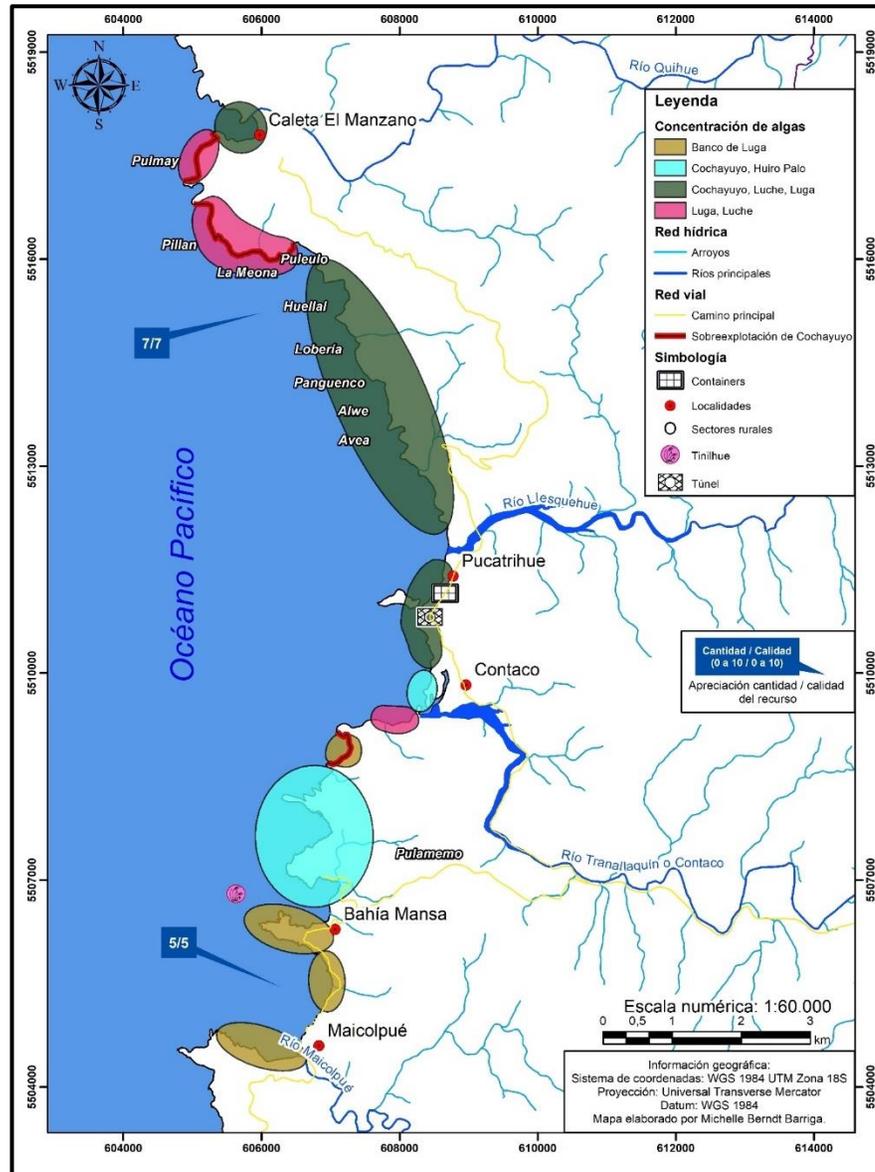


Figura 4.3: Cartografía participativa algas entre los años 2000 al 2022 (presente). Recopilado de información proporcionada por la comunidad. Fuente: Elaboración propia.

Hitos:

- Comienza la comercialización del huiro.
- La llegada de fundaciones sin fines de lucro (p. ej. Chinquihue) han conllevado opiniones divididas. Hay medidas que no han sido frutíferas como la mala gestión en la implementación de la plantación de erizo en Maicolpué, y de algas en Pucatrihue, en cambio, otras si han sido favorables para la comunidad como la llegada de contenedores

(durante 2019 al 2020) que han permitido sumar un valor agregado a los productos de la zona y así fomentar el desarrollo económico pesquero artesanal (a la fecha no están al 100% funcionales).

Problemáticas:

- Sobrexplotación de los bosques marinos. Se acusa mala y escasa regulación por conflictos de interés.
- Malas prácticas en la cosecha del huiro palo y cochayuyo (cosecha desde la raíz).
- Falta de agente fiscalizador, no se explican cómo es posible que se observen camiones rebosantes de algas y no haya sanciones.
- Los pobladores recomiendan un mejor comportamiento ambiental a los turistas como acotar tiempos de ducha, no dejar o botar basura, no ensuciar tinajas, etc.

Ante la excesiva extracción fomentada por la comercialización desmedida, los pobladores proponen las siguientes posibles medidas u objetivos:

- Recuperar el daño.
- Indemnización a los pobladores oriundos.
- Implementación de plantas procesadoras para los pobladores locales, para fomentar el desarrollo y sumar valor agregado a los productos procesados.
- Valorar más las algas, con mayor educación sobre su cuidado y recolección; “las algas son un patrimonio tangible y renovable si se cuida bien”.

4.3.5. CP sobre el común mariscos

Esta actividad se efectuó el 24 de octubre del 2022, en el sector de Pulamemo, en la ruka de antes de llegar a Bahía Mansa. Asistieron 13 habitantes locales, habiendo pobladores de la localidad de Pucatrihue, sector Contaco (desembocadura del río Tranallanquín o Contaco), sector Pulamemo, Bahía Mansa y Maicolpué. Además, conto con la participación de dos representantes de Servicio País. La actividad fue guiada por el equipo del Proyecto Anillo ACT210037.

Para este trabajo se entiende por mariscos a todo animal marino invertebrado comestible, esto incluye a moluscos (loco, ostión, almeja, etc.), crustáceos (jaibas, cangrejos, centolla, etc.) y equinodermos (erizo y pepinos de mar). Los mapas finales de la cartografía participativa de

mariscos están en el Anexo II.C, y estos son cuatro: 1980 al 1990, 1990 al 2000, 2000 al 2022 y un mapa que integra los cambios más relevantes.

Al comenzar el dialogo sobre mariscos en la zona, cabe destacar la roca del abuelito Huenteyao (o Huentellao), que es un lugar simbólico y sagrado que cuida de los mariscos y los pescadores *williches* desde tiempos ancestrales (según la cosmovisión *williche*). En ese lugar también habitan espíritus *weichafe* del mar que lo resguardan.

4.3.5.1. Década entre los años 1980-1990, mariscos

Importante abundancia de mariscos, los cuales incluían locos, erizos, jaibas, lapas, picorocos, piures, choritos y pinucas. Era posible extraer desde la orilla de la playa ejemplares de grandes dimensiones. Predominando los recolectores de orilla, y los busos eran minoría. Se destaca la presencia de bancos de machas en Bahía Mansa y Maicolpué; eran tal la abundancia que se extraían con palas.

El traslado de mariscos era complejo, debido a que solo se utilizaban los caballos como medio de transporte, el camino de Caleta El Manzano hasta Osorno se podía demorar hasta tres días.

En la orilla de la playa también había espacios de sanación, de espiritualidad, no era sólo un espacio de extracción.

Recolección:

- Se utilizaban los estados de la luna para designar los períodos de recolección, en donde la luna llena trae mareas más grandes para recolectar.
- La recolección era más consciente; solo se recolectaba los ejemplares más grandes. Antiguamente la gente cuidaba y extraía lo necesario, la gente local “sabía cuidar los recursos”.
- En esta época no había áreas límites, se guiaban por las “huellas de caminos antiguos”, y a ninguna persona se le era negada la entrada.
- Los mariscos se extraían con la mano o con machetes, además se usaban marisqueros de hierro con forma de “J” para la recolección de orilla, en cambio, los ganchos eran usados mar adentro. También se usaban el *chinguillo* o *quiñe*, el cual es una especie de malla.

Costumbres:

- Se mariscaba en familia y no se necesitaba bucear para encontrar buenos ejemplares (figura 4.4).
- Durante este tiempo cada familia de mareros tenía su lugar para mareas y se respetaba entre los mismos vecinos (figura 4.4).
- Eran comunes los trueques. Se intercambiaban mariscos por artículos no comunes en la zona como clavos, tejuelas o especias.
- El marisco que se extraía era básicamente para consumo de las familias y se vendía ahumado en Osorno en sarta (tiritas de mariscos ahumados).
- Los mariscos se cocían, se ensartaban y se colgaban arriba del fuego para conservarlos en época de escasez.

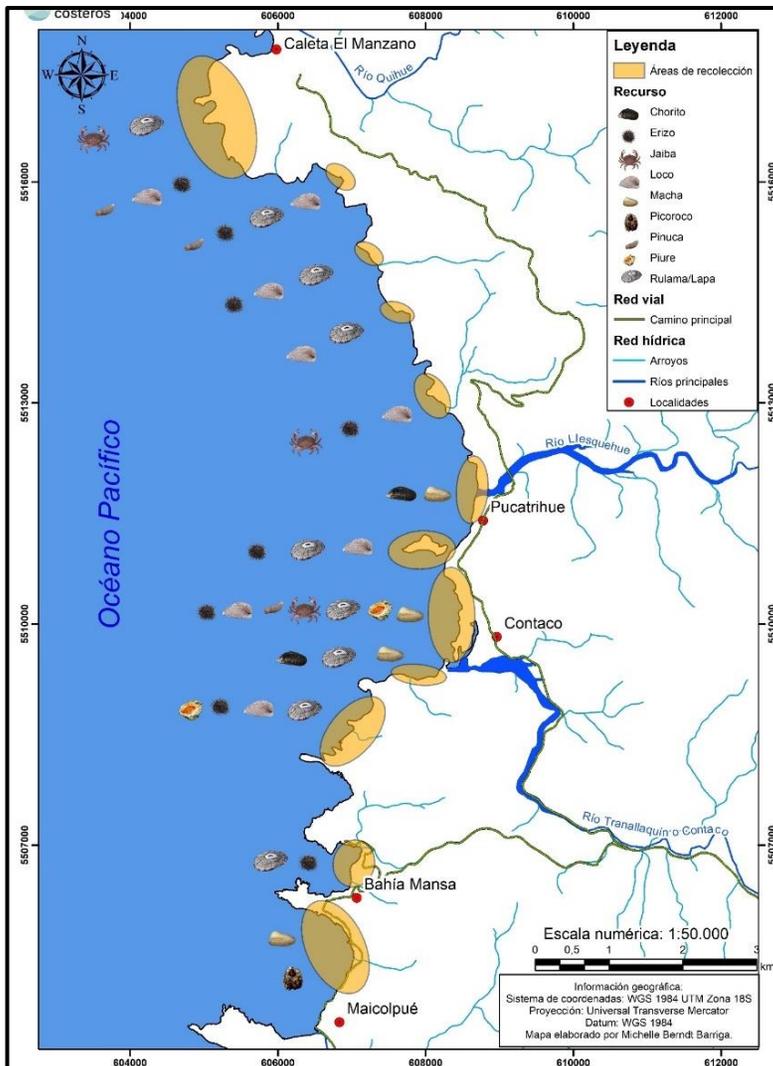


Figura 4.4: Cartografía participativa mariscos entre los años 1980 al 1990. Recopilado de información proporcionada por la comunidad. Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.2. Década entre los años 1990-2000, mariscos

Esta época se caracterizó por la “Fiebre del Loco”, tiempo en el cual una importante cantidad de personas ajenas a la comuna de San Juan de la Costa, fueron atraídas por la explotación de recursos marinos (“invasión de afuerinos”). Los “afuerinos” trajeron embarcaciones de buceo equipadas y fueron incorporando a la gente de la zona como buzos. Debido a esto se registró una masiva llegada de embarcaciones. Esta explotación de recurso en su comienzo no tuvo control ni organización.

A mediados de esta década, comenzó un control por parte de las autoridades, las cuales implementaron restricciones en la explotación de los recursos marinos, siendo una de estas las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) las cuales limitaban el acceso a solo miembros de sindicatos. Esto conllevó al desarrollo del contrabando y robo.

Durante este tiempo, se comienza a observar una disminución en la reproducción en los ejemplares marinos, se extraían antes de que tuvieran un tamaño adecuado. Empiezan a escasear los mariscos en la orilla de la playa, lo que conllevó el aumento en la cantidad de buzos. Ya no se observan los bancos de machas de Maicolpué y Pucatrihue.

4.3.5.3. Década entre los años 2000-2022, mariscos:

Disminución en la cantidad (escasos) y calidad (“chicos, flacos y enfermos, aparición de hongos”) de los mariscos (figura 4.5). Junto con lo anterior, se describe un aumento en conflictos entre la gente local y los “afuerinos”, debido principalmente a la explotación ilegal, que ahora es un delito. Hay personas que deben realizar guardias de las AMERB para evitar robos. En cambio, hay AMERB descuidadas en las cuales no hay personas que se responsabilicen por su manejo, y se evidencia una falta de organización.

Hay temporadas de abundancia de piure, pero no hay un resguardo para el bien común. Se acusó una depredación, tanto de “afuerinos” y turistas, “falta de conciencia respecto a los recursos marinos”. Debido a esto, las restricciones han aumentado en la zona. Algo similar se observa en la recolección de nalcas y cochayuyo, en donde no se respetan los tiempos de reproducción y su modo de recolección no es la adecuada.

En el año 2016 hubo episodios de marea roja al sur de la Región de los Lagos, lo que generó fuertes restricciones a la recolección de recursos marinos, lo que conllevó problemas económicos en toda la zona litoral, incluyendo la comuna de San Juan de la Costa.

5. PARÁMETROS BIO-GEO-FÍSICOS

5.1. Identificación de parámetros

Para la identificación de parámetros fue necesaria una recopilación bibliográfica –artículos científicos, bases de datos e imágenes satelitales– enfocada en parámetros bio-geo-físicos del área de estudio.

La escala con la cual se trabajaron los datos dependió de la información disponible, es decir, en caso de ausencia o limitada información local, se amplió el rango de búsqueda a nivel comunal y posteriormente regional.

Para los parámetros en que no fue posible encontrar información actualizada (espacial o temporal), se realizó un análisis y/u observaciones en terreno para crear una nueva base de datos. Esto se llevó a cabo con modelos de elevación –TanDEM– (definición de microcuencas hídricas), análisis físico-químicos hídricos en los principales ríos del área en estudio, estudios químicos en terreno y laboratorio (pH de suelo), además de mediciones en terreno de cárcavas.

Todas las bases de datos se trabajaron con el software Microsoft Excel, con el fin de facilitar la organización y con ello agilidad de los cálculos.

Posteriormente los parámetros a considerar, ya sea por su influencia al limitar y/o categorizar el ambiente, fueron agrupados por los sectores geográficos (ambiente, entorno o reservorio) a los que están vinculados, a partir de estos se establecen los siguientes subcapítulos:

- Parámetros oceanográficos
- Parámetros fluviales
- Parámetros atmosféricos-meteorológicos
- Parámetros edafológicos o de suelo
- Parámetros geomorfológicos

El desglose de los parámetros, junto con la fuente de sus bases de datos, su relevancia en el entorno y su vinculación a variaciones significativas en los últimos 60 años, se describen a continuación.

5.2. Parámetros oceanográficos

Para comprender el estado y/o evidenciar cambios significativos en algunas de las dinámicas físico-químicas del océano, se revisaron bases de datos proporcionados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), y la base de datos físico-química del Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea *Copernicus Marine Service* (Le Galloudec *et al.*, 2022; Dréysson *et al.*, 2022).

5.2.1. Base de datos del SHOA

La base de datos con la que se trabajó, fue proporcionada el 14 de septiembre del 2022 por Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC), entidad dependiente del SHOA. Dicha información está dividida en tres estaciones que registran los datos por medio de boyas (figura 5.1).

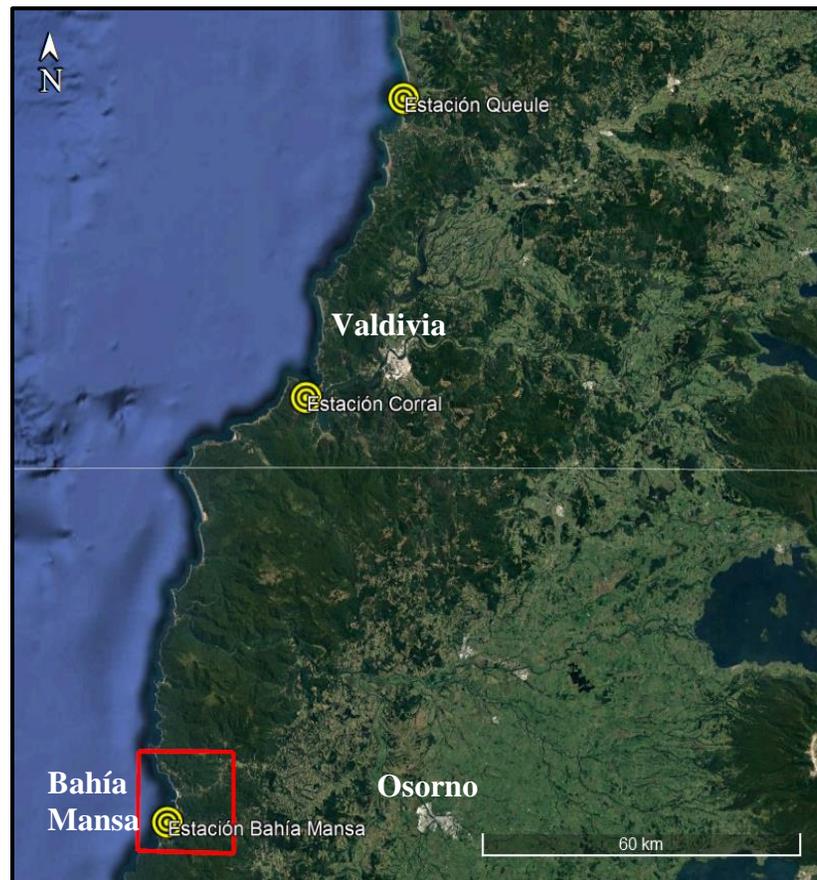


Figura 5.1: Ubicación de estaciones del SHOA. En amarillo las estaciones del SHOA, el recuadro rojo corresponde al área de estudio y en blanco las principales localidades. Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en la figura 5.1, las estaciones de Corral y Queule se encuentran alejadas del área de estudio, sin embargo, estas estaciones tienen en su registro un rango temporal mayor que los datos registrados en la estación de Bahía Mansa, lo que podría permitir un estudio de las variaciones oceanográficas en un mayor rango temporal y espacial, es decir, es posible un análisis a nivel litoral y no solo local.

La información proporcionada por el SHOA contiene un registro por hora, independiente del tipo de variable que este registrando. La única excepción es la estación “Corral manual” –variable Temperatura Superficial del Mar (TSM)–, la que contiene información diaria y no por hora. Tal como es posible observar en la tabla 5.1, la variable de TSM en la estación “Corral” contiene dos tipos de registros, esto es debido a que la metodología empleada entre 1985 al 1999, es distinta a la del 2000 al 2001, esta última corresponde a los registros de la estación “Corral handar”.

Tabla 5.1: Información entregada por el SHOA. Fuente: Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA el 14/09/2022.

Nombre estación	Información proporcionada	Temporalidad	Rango temporal de los datos
Bahía Mansa	Temperatura superficial del mar	Cada hora	30/5/2011 al 30/06/2022
	Presión atmosférica	Cada hora	30/05/2011 al 30/06/2022
	Nivel del mar	Cada hora	27/09/2011 al 20/07/2022
	Temperatura aire	Cada hora	30/05/2011 al 30/06/2022
Corral	Temperatura superficial del mar (handar)	Cada hora	01/01/2000 al 31/12/2021
	Temperatura superficial del mar (manual)	Diaria	05/02/1985 al 01/12/1999
	Presión atmosférica	Cada hora	01/01/2011 al 31/12/2021
	Nivel del mar	Cada hora	22/05/1985 al 25/04/2022
	Temperatura aire	Cada hora	30/04/1999 al 31/12/2021
Queule	Temperatura superficial del mar	Cada hora	13/05/2013 al 25/08/2022
	Presión atmosférica	Cada hora	04/29/2013 al 25/08/2022
	Nivel del mar	Cada hora	29/04/2013 al 25/08/2022
	Temperatura aire	Cada hora	02/05/2013 al 25/08/2022

En los apartados siguientes, se desglosará la información correspondiente a la base de datos del SHOA, en donde se describen y estudian las variables, según el rango temporal y la cantidad de información disponible en cada estación (considerando la escala, ya sea local, comunal o regional).

5.2.1.1. Temperatura superficial del mar (TSM)

La base de datos de esta variable, de acuerdo con los rangos temporales se calculó el promedio mensual de las tres estaciones por separado, y posteriormente fueron graficados (gráfico 5.1), teniendo en consideración de separar la estación “Corral” en “Corral manual” y “Corral handar”.

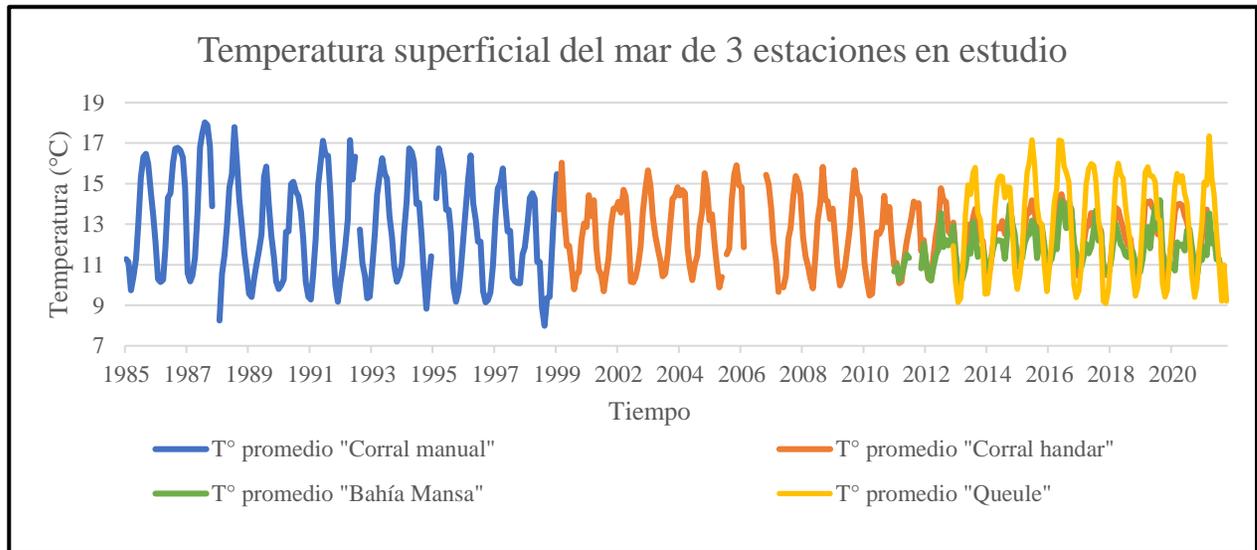


Gráfico 5.1: Temperatura superficial del mar promedio mensual. Estaciones Bahía Mansa, Corral y Queule. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

Posteriormente se graficaron los promedios diarios de la estación “Bahía Mansa” para estudiar las variaciones dentro del área en estudio. Tal como se observa en el gráfico 5.2, la abundancia de datos registrados (diarios) de la estación “Bahía Mansa” complejiza su visualización, por lo que se favoreció el uso de datos mensuales (gráfico 5.3).

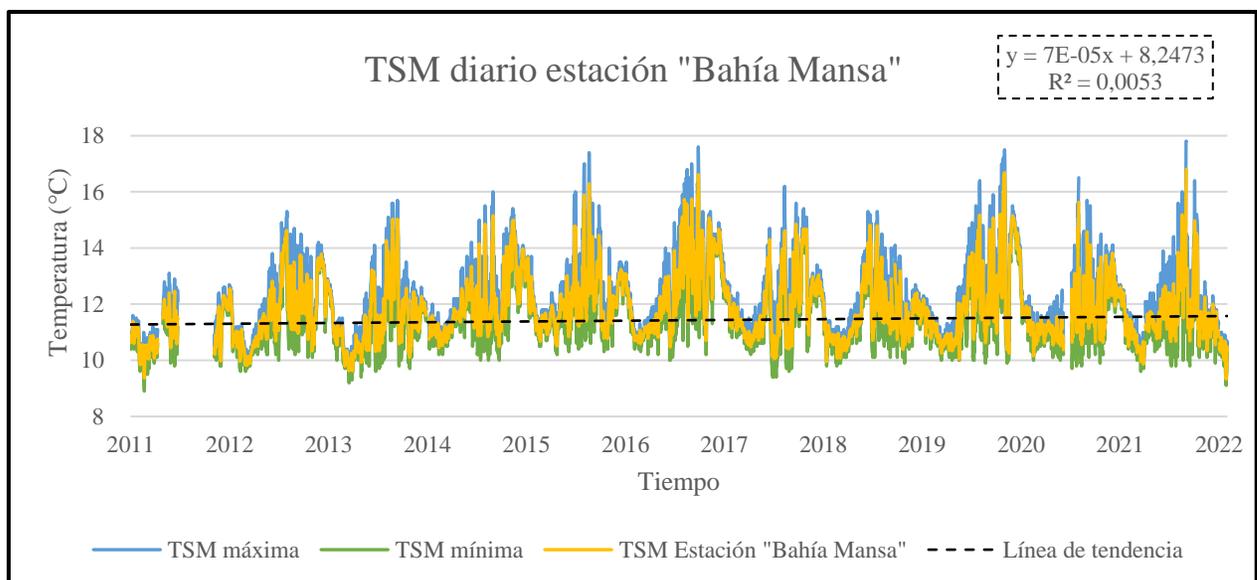


Gráfico 5.2: Temperatura superficial del mar diario (TSM) de estación “Bahía Mansa”. Datos corresponden a valores promedio diarios de la estación “Bahía Mansa”, cuadro segmentado corresponde a ecuación de la recta de la línea de tendencia. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

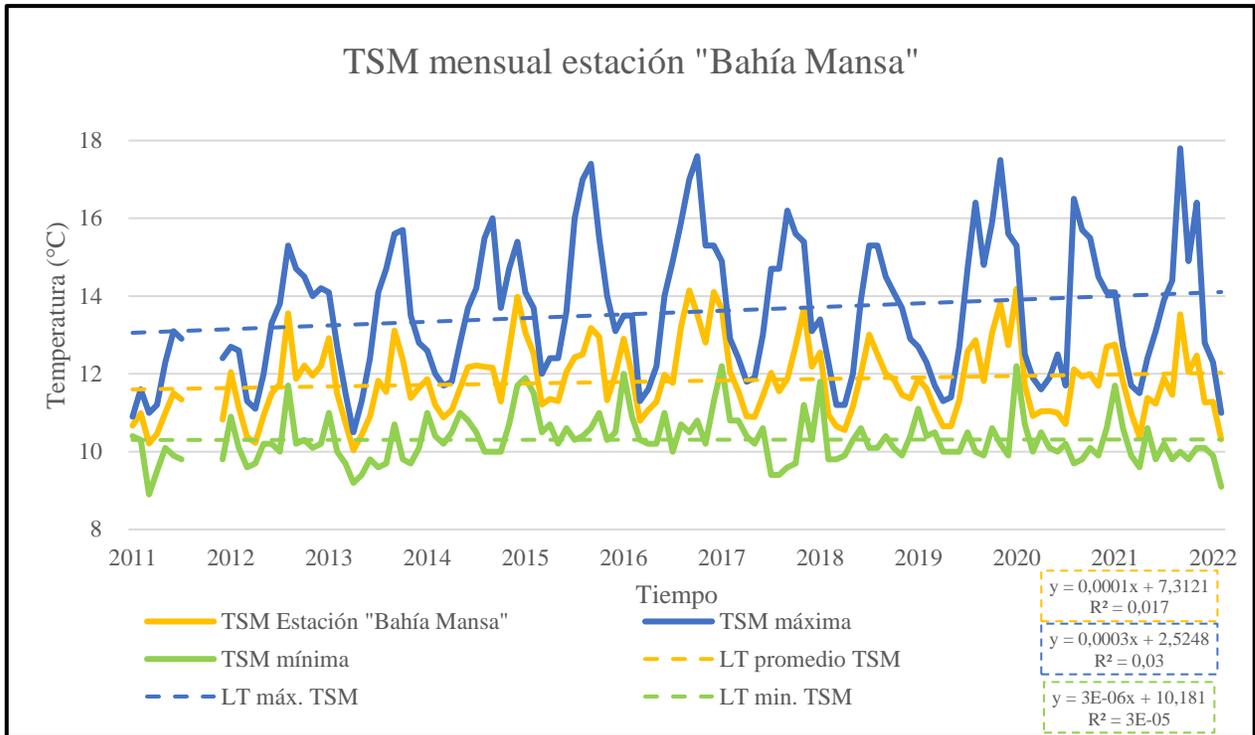


Gráfico 5.3: Temperatura superficial del mar (TSM) mensual con líneas de tendencia de estación Bahía Mansa. TSM promedios mensuales con sus respectivas líneas de tendencia (TL), ecuación de la recta (y) y coeficiente de determinación (R²) en recuadro de línea segmentada. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

A partir de las gráficas anteriores se obtuvieron las líneas de tendencia lineales para las TSM mensuales promedio, máximas y mínimas por cada estación (Bahía Mansa, Corral y Queule), con la salvedad de que los datos de la estación Corral se trabajó por separado, por la diferencia de los rangos temporales de sus datos, resultando en las líneas de tendencia expuestas en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Líneas de tendencia TSM en las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral handar”, “Corral manual” y “Queule”. En azul las rectas con pendiente negativas (tendencias a la disminución). Fuente: Elaborado a partir las gráficas resultantes con la base de datos proporcionada por el SHOA.

Estación	Rango temporal (años)	Promedio / máximo / mínimo	Línea de tendencia mensual	R ²
Bahía Mansa	2011 al 2022	Promedio	$f_{(x)}: 0,0001x + 7,31$	0,017
		Máximo	$f_{(x)}: 0,0003x + 2,52$	0,03
		Mínimo	$f_{(x)}: 0,000006x + 10,18$	0,00003
Corral handar	2000 al 2021	Promedio	$f_{(x)}: -0,00003 + 13,83$	0,0025
		Máximo	$f_{(x)}: 0,00001 + 14,754$	0,0002
		Mínimo	$f_{(x)}: -0,00001 + 10,16$	0,0015
Corral manual	1985 al 1999	Promedio	$f_{(x)}: -0,0003x + 21,92$	0,0274
		Máximo	$f_{(x)}: -0,0003x + 26,39$	0,0353
		Mínimo	$f_{(x)}: -0,0002x + 17,60$	0,0171
Queule	2013 al 2022	Promedio	$f_{(x)}: -0,00003x + 14,29$	0,0002
		Máximo	$f_{(x)}: -0,00008x + 13,84$	0,0003
		Mínimo	$f_{(x)}: -0,0002x + 18,52$	0,0176

A partir de las ecuaciones de la recta expresadas en la tabla 5.2, es posible observar una tendencia leve al alza de la TSM en la estación de Bahía Mansa entre el 2011 y el 2022. Esto no coincide con lo observado en las estaciones al norte como Corral y Queule, en el mismo rango temporal, en las cuales hay una tendencia hacia una disminución de temperaturas.

Cabe mencionar que las variaciones en la tendencia promedio son leves, mientras que las variaciones más pronunciadas se observan en las temperaturas máximas y mínimas. Las tres estaciones muestran un aumento en las temperaturas máximas, y una leve disminución en las temperaturas mínimas, es decir, es probable que estas variaciones se vean reflejadas en que en los últimos 10 años se han percibido veranos más calurosos con inviernos levemente más fríos.

5.2.1.2. Presión atmosférica

Estos datos se trabajaron primero con el cálculo de promedios mensuales, con los cuales posteriormente se elaboraron los gráficos 5.4 y 5.5. A la gráfica 5.4 se le calculó las líneas de tendencia por estación resultando en las gráficas lineales observadas en la figura 5.5. La ecuación de la recta y el coeficiente de determinación (R^2) de cada línea de tendencia están expresadas en la tabla 5.3.

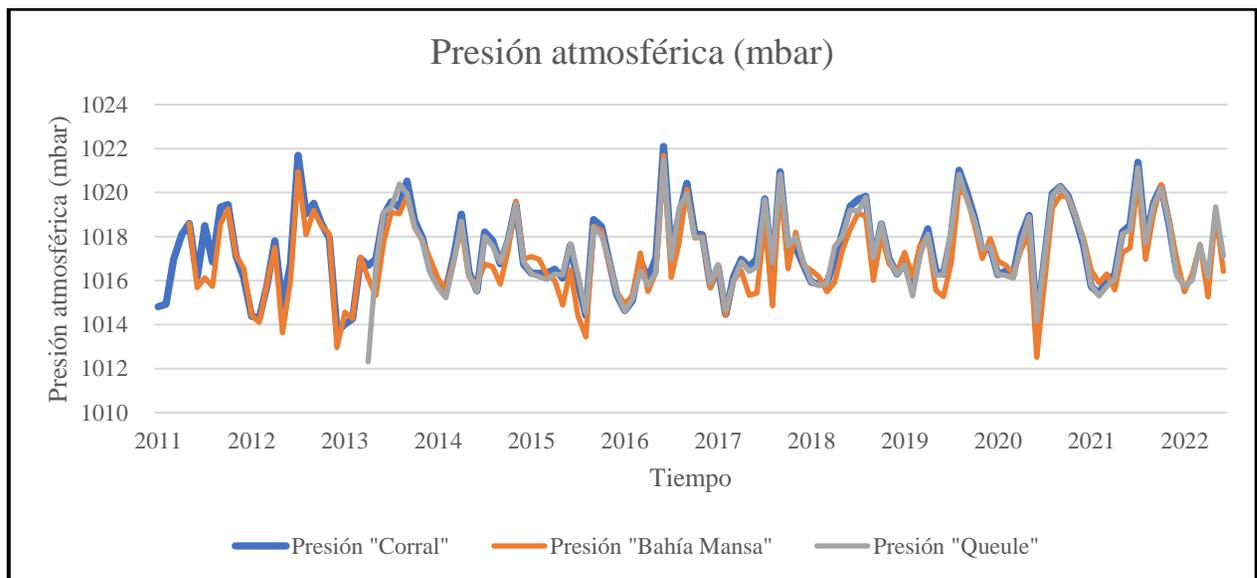


Gráfico 5.4: Presión atmosférica (mbar) en las 3 estaciones en estudio. Restringidos al rango temporal de la estación de Bahía Mansa. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

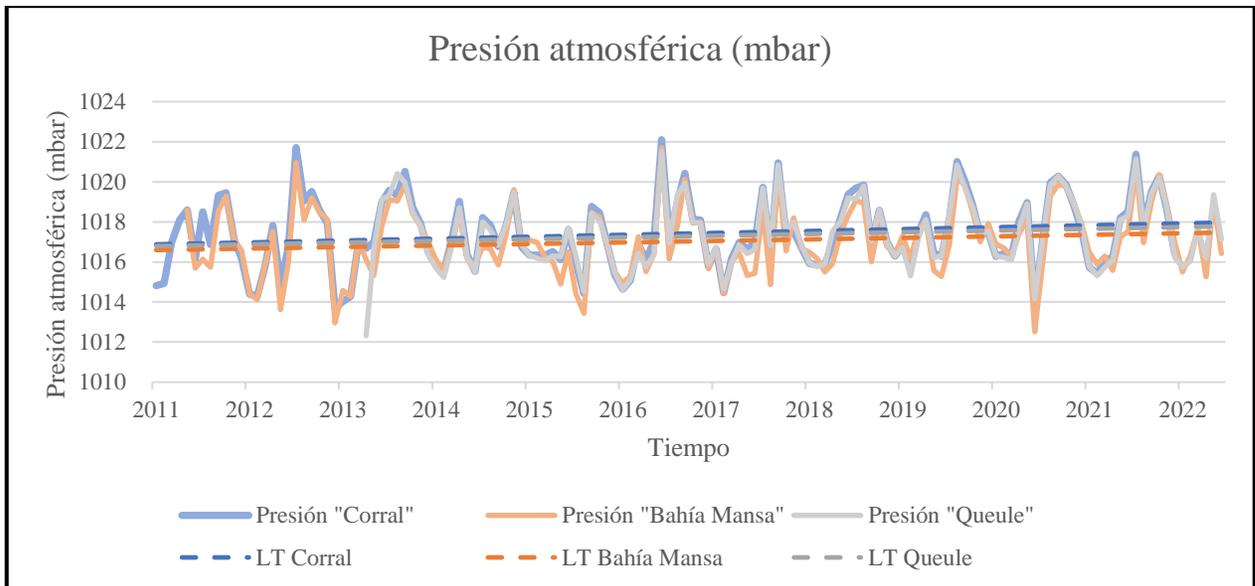


Gráfico 5.5: Presión atmosférica (mbar) con líneas de tendencia por estación. Promedios mensuales de cada estación en estudio. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

Tabla 5.3: Líneas de tendencia de presión atmosférica en las estaciones en estudio. Fuente: Elaborado a partir de las gráficas resultantes con la base de datos proporcionada por el SHOA.

Estación	Rango temporal (años)	Línea de tendencia	R ²
Bahía Mansa	2011 al 2022	$f_{(x)}: 0,0002x + 1008,1$	0,0207
Corral	2011 al 2021	$f_{(x)}: 0,0003x + 1006,3$	0,0295
Queule	2013 al 2022	$f_{(x)}: 0,0002x + 1007,2$	0,0190

Tal como se observa en el gráfico 5.5, las tres estaciones indican una línea de tendencia de pendiente positiva. Esto se refleja en un aumento en la frecuencia de eventos de presión alta y menos eventos de presión baja.

Esto podría implicar un aumento en la cantidad de días con cielos despejados (ocasionalmente con nieblas) y una disminución de días con precipitaciones, pero los eventos de precipitación fueron más intensos, como es posible visualizar en los *peaks* a mediados del 2015, 2017 y 2020. Lo anterior es debido a que las zonas y períodos con elevadas presiones producen anticiclones donde el aire se condensa y desciende, provocando buen clima con cielos despejados y ocasionales nieblas. En cambio, los períodos con bajas presiones forman borrascas que se acompaña con un calentamiento del aire el cual asciende y produce nubes y precipitaciones (Lederman, 2011).

5.2.1.3. Nivel del mar

Estos registros se dividieron por estación. Al haber un registro diario, la visualización de los datos es compleja (gráfico 5.6) y las líneas de tendencia presenta coeficiente de determinación (R^2) muy bajo –poco ajuste de los datos y la recta–, debido a esto que se prefirió continuar el análisis con los valores mensuales (gráfico 5.6).

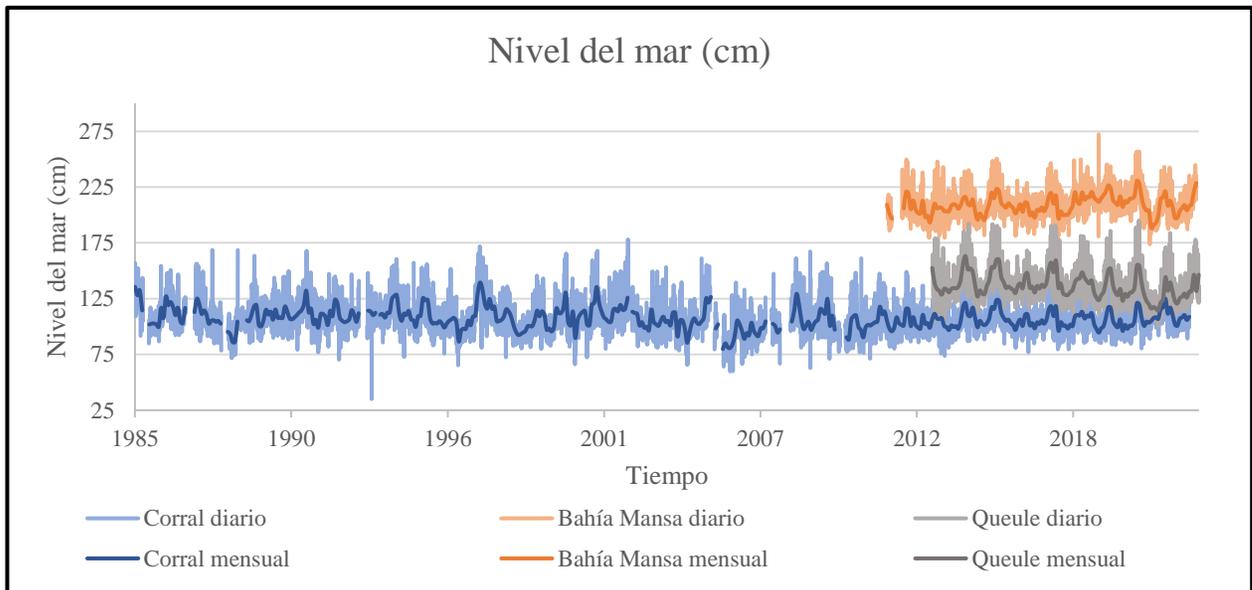


Gráfico 5.6: Nivel del mar (cm) para estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”. Promedios diarios en colores en transparencia y promedios mensuales en colores opacos. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

Para evaluar las variaciones por estación, se calcularon las líneas de tendencia a partir de los promedios mensuales –de acuerdo con el rango temporal disponible por estación–, su respectiva ecuación de la recta y coeficiente de determinación (R^2), estas fueron expresadas en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Líneas de tendencia mensual nivel del mar en las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral handar”, “Corral manual” y “Queule”. Fuente: Elaborado con la base de datos proporcionada por el SHOA.

Estación	Rango temporal	Línea de tendencia mensual	R^2
Corral	22/05/1985 al 22/04/2022	$f_{(x)}: -0,0005x + 124,93$	0,0383
Bahía Mansa	27/09/2011 al 20/07/2022	$f_{(x)}: 0,0015x + 143,19$	0,0445
Queule	29/04/2013 al 25/08/2022	$f_{(x)}: -0,0038x + 298,16$	0,1288

La estación de Bahía Mansa registra un leve alzamiento en el nivel del mar –aproximadamente 6 cm– entre el 2011 a 2022. Si se asume que durante este período no hay cambios eustáticos, es posible que se deba a una subsidencia a nivel local. Esto favorece los procesos erosivos marinos en la costa, en otras palabras, ocurre un avance del mar lo que disminuirá el área de playa.

En cambio, las estaciones de Corral y Queule registran una disminución en el nivel del mar. Considerando el acotado tiempo y asumiendo que no habría cambios eustáticos, es probable que se deba a procesos normales de progradación, donde predomina la acumulación de sedimentos en la costa y se observa un aumento del área de las playas en la zona.

5.2.1.4. Temperatura del aire

Esta variable corresponde a la temperatura ambiental (del aire) registrada sobre el nivel del mar desde la ubicación de las boyas. Para esta base de datos también se trabajó con el cálculo de los promedios mensuales de temperaturas para las tres estaciones en estudio (“Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”), resultando en el gráfico 5.7.

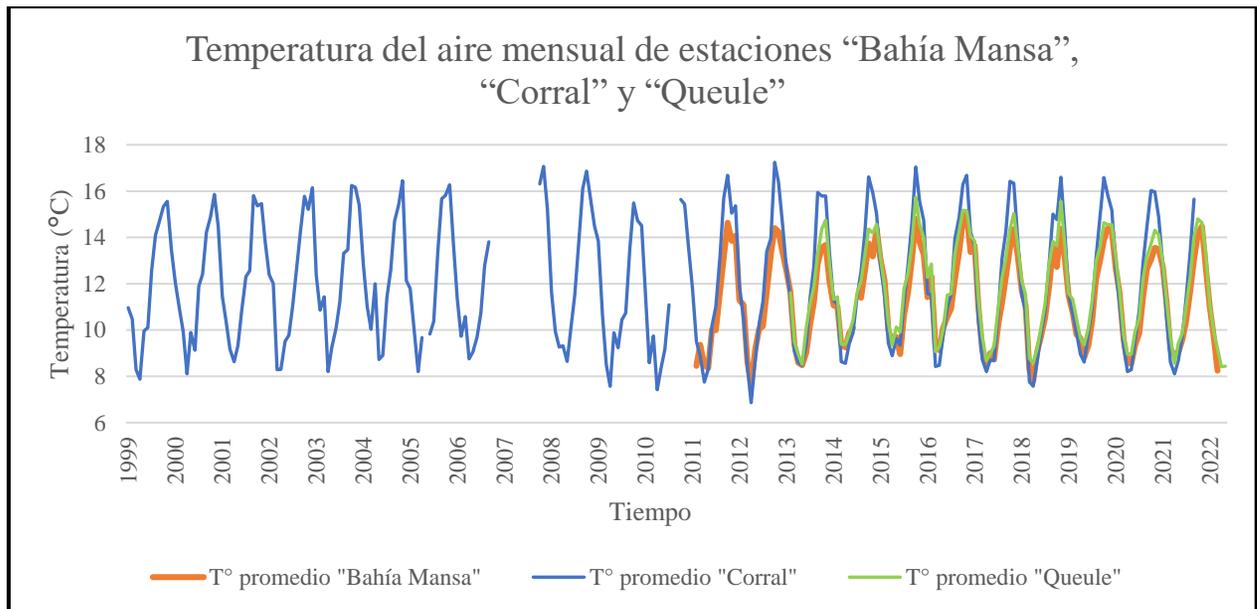


Gráfico 5.7: Temperatura del aire mensual para estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”. Promedios mensuales para cada estación. Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

Tal como ocurrió con los valores de TSM, la cantidad de datos y la varianza diaria complejiza la visualización de los datos en los gráficos, por lo que nuevamente se favoreció el uso de datos mensuales (gráfico 5.8 y tabla 5.5).

Se elaboraron las gráficas para las tres estaciones por separado, considerando el cálculo anual por estación, debido a sus diferentes rangos temporales y así es posible una mejor visualización en sus respectivos intervalos. Las líneas de tendencia resultantes se expresan en la tabla 5.5.

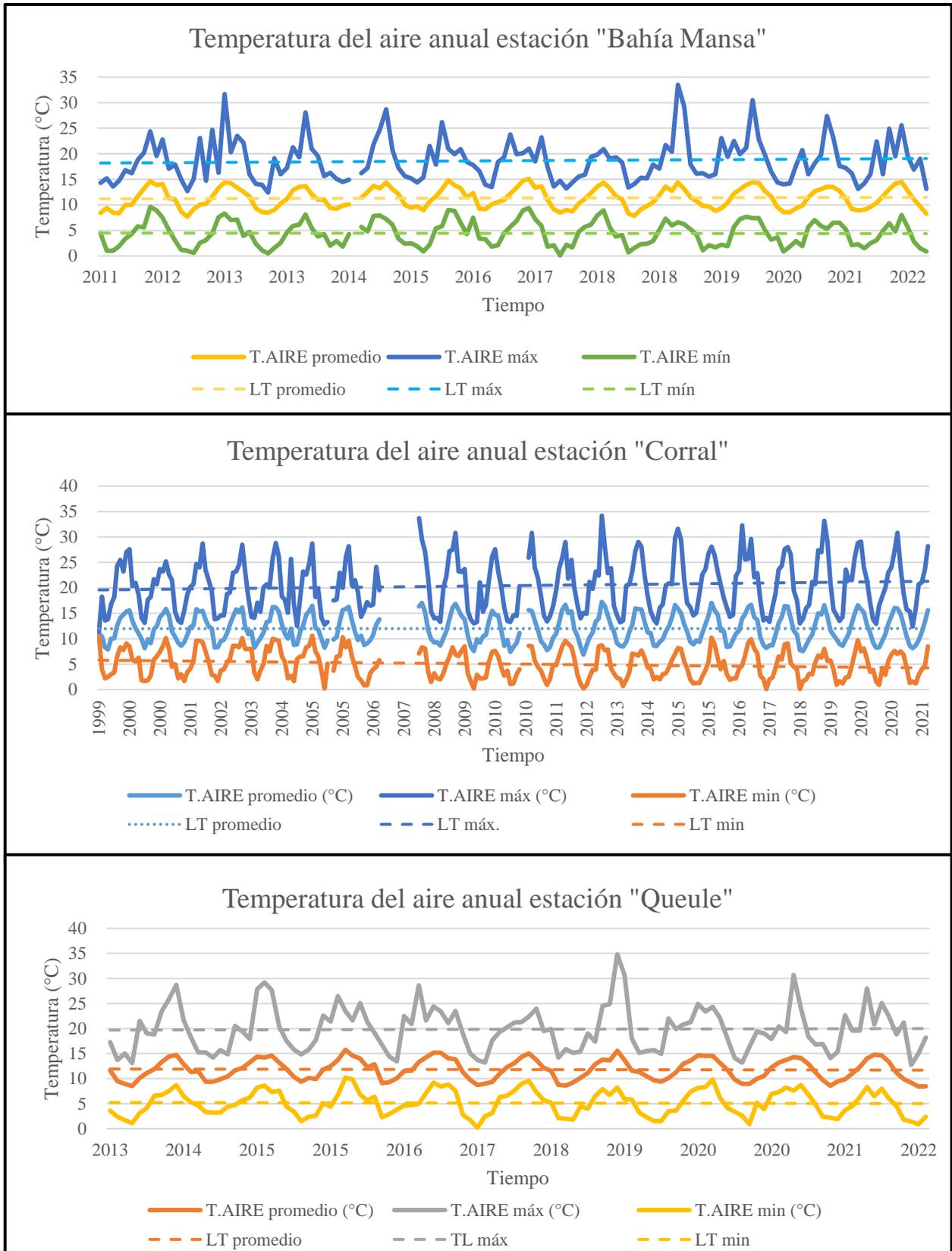


Gráfico 5.8: Temperatura del aire anual para las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”. Promedios mensuales para los promedios (T.AIRE promedio), máximos (T.AIRE máx) y mínimos (T.AIRE mín); con sus respectivas líneas de tendencia (LT). Elaborado a partir de la base de datos proporcionada por el SHOA.

Tabla 5.5: Líneas de tendencia de temperatura aire de las estaciones “Bahía Mansa”, “Corral” y “Queule”.
Elaborado a partir las gráficas resultantes con la base de datos proporcionada por el SHOA.

Estación	Rango temporal (años)	Promedio / máximo / mínimo	Línea de tendencia mensual	R ²
Bahía Mansa	30/05/2011 al 30/06/2022	Promedio	$f_{(x)}: 0,00007x + 8,19$	0,0019
		Máximo	$f_{(x)}: 0,0002x + 9,22$	0,0039
		Mínimo	$f_{(x)}: -0,00003x + 5,67$	0,0002
Corral	30/04/1999 al 31/12/2021	Promedio	$f_{(x)}: 0,000005x + 11,80$	0,00002
		Máximo	$f_{(x)}: 0,0002x + 12,13$	0,0093
		Mínimo	$f_{(x)}: -0,0002x + 12,31$	0,0266
Queule	02/05/2013 al 25/08/2022	Promedio	$f_{(x)}: -0,00007x + 14,68$	0,001
		Máximo	$f_{(x)}: 0,00008x + 16,42$	0,0003
		Mínimo	$f_{(x)}: -0,00006x + 7,90$	0,0007

A partir de las líneas de tendencia (LT) y los gráficos 5.8, es posible observar que en general las variaciones son poco significativas, ya que las temperaturas promedio no han experimentado una tendencia predominante. En cambio, las temperaturas máximas de Bahía Mansa y Corral han experimentado alzas con una tendencia más pronunciada que los otros registros. Esto podría ser percibido con temperaturas progresivamente más elevadas en Bahía Mansa el 2022 que lo observado en el 2011. Situación similar ocurre en Corral entre el 1999 y 2022.

5.2.2. Base de datos *Copernicus Marine Service*

Para evaluar parámetros bioquímicos oceanográficos se exploró la base de datos del Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea *Copernicus Marine Service*. En la costa frente al área de estudio no hay información registrada por lo que se definieron 4 puntos cercanos al área de estudio desde los cuales se extrajo información utilizando el producto *Global Ocean Biogeochemistry Multiyear* (GOBM) con el código GLOBAL_MULTIYEAR_bgc_001_0029.

El producto GOBM corresponde a una simulación biogeoquímica global utilizando el modelo PISCES disponible en la plataforma de modelamiento NEMO, este producto proporciona información de parámetros biogeoquímica para el rango temporal comprendido entre el 1993 al 2020 y fue elaborado en el centro Mercator Ocean en Toulouse, Francia (Le Galloudec *et al.*, 2022).

La ubicación espacial de los cuatro puntos en estudio se visualiza en la figura 5.2. Los valores de los cuatro puntos se promediaron para obtener una tendencia media cercana a la costa del área de estudio, y a partir de estos valores se realizó el cálculo de la línea de tendencia para las gráficas a continuación. Todos los datos se simularon a una profundidad de 0,5057600140571594 m.



Figura 5.2: Puntos de extracción de información de la base de datos *Copernicus Marine Service*. En verde la ubicación de los cuatro puntos ingresados la base de datos *Corpernicus*, en rojo el área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1 Clorofila (Chl)

Esta variable es significativa para estudios biológicos, ya que los organismos que la contienen son la base de la cadena alimenticia. La determinación de las concentraciones de clorofila es uno de los índices clave del monitoreo de la población del fitoplancton y de la salud del sistema natural (Quezada *et al.*, 2011).

De acuerdo con los puntos extraídos desde *Copernicus* se elaboró el gráfico 5.9, la línea de tendencia del promedio de estos puntos permitió modelar una recta de pendiente positiva, indicando un aumento en los eventos de alzas de concentración de clorofila. Este cambio es más pronunciado a partir del 2012. Además, se observan *peaks* de alzas durante los años 1994, 1998, 2009 y 2016,

junto con *peaks* de bajas pronunciadas a fines del 1997, 2004 y 2018. A fines del 1999 hasta el 2011 se observa una tendencia más lineal y no tan cíclica como años anteriores y próximos.

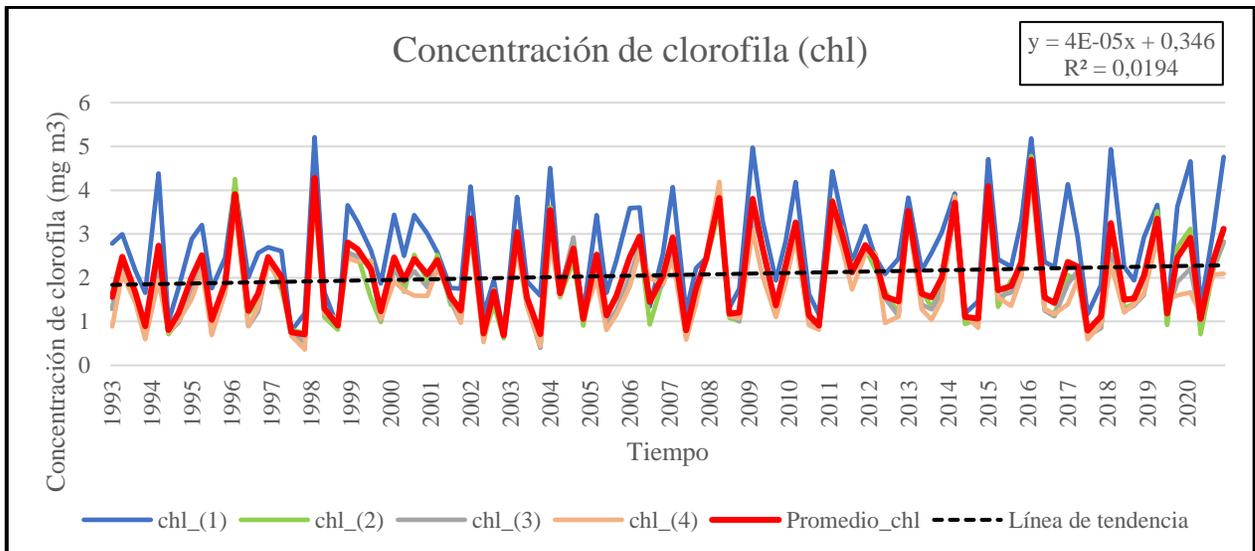


Gráfico 5.9: Concentración de clorofila (chl). Valores de los puntos en estudio (1 al 4), con los valores promedio con la línea roja. Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) en el recuadro de líneas segmentadas. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

Las condiciones al norte del área de estudio, representadas con el punto (1), corresponde a una tendencia similar a los puntos más al sur, pero con una concentración mayor de clorofila.

5.2.2.2. Producción primaria neta de biomasa (Nppv)

El modelo en el cual se basa el producto GOBM, se refiere a esta variable como el carbono disponible (también denominado orgánico, fijado o reducido) en la materia orgánica luego del proceso de la fotosíntesis, y la define como el carbono fotosintético bruto menos el carbono respirado requerido para la mantención de la planta, por lo que de acuerdo con las concentraciones de esta variable es posible obtener un aproximado de la concentración de biomasa vegetal.

Con los puntos extraídos desde *Copernicus* usando el modelo GOBM (gráfico 5.10) es posible observar un aumento constante en la concentración de esta variable desde 1993 hasta el 2022, siendo la zona 1 con las mayores alzas de concentraciones de Nppv, aunque todos los puntos presentan los mismos mínimos. Las concentraciones durante el 1993 al 1995 son bajas en comparación a los años siguientes con *peaks* de alza durante el 1998, 2009, 2015-2016, junto con eventos de baja durante los años 2001, 2005, 2017 y 2019.

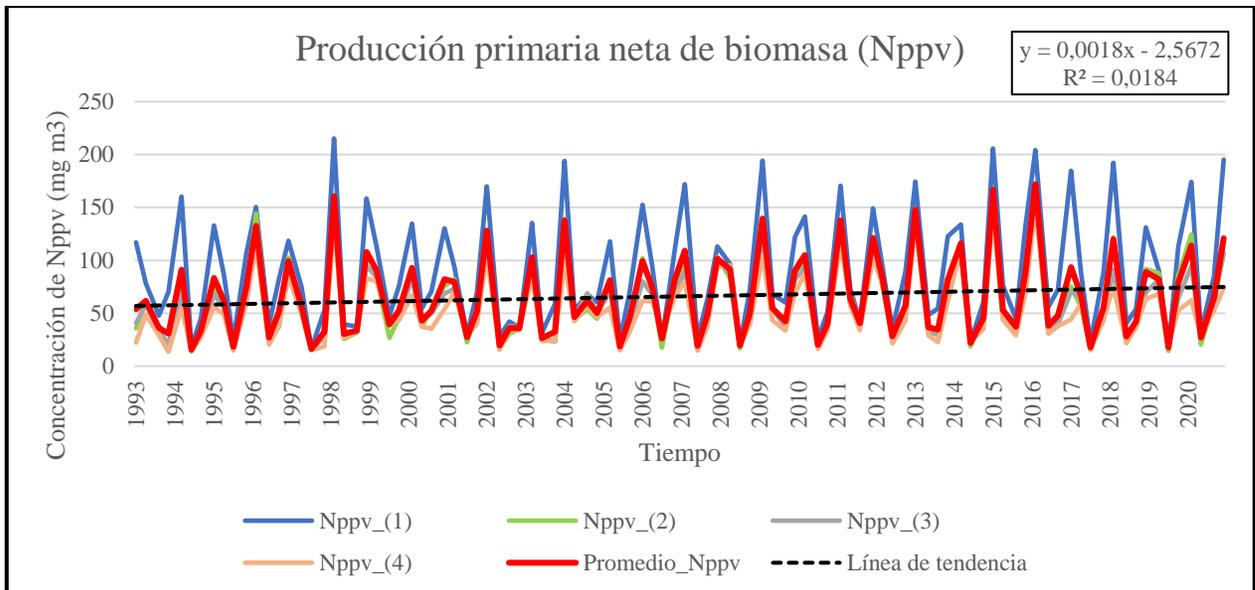


Gráfico 5.10: Producción primaria neta de biomasa (Nppv). Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio. Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

5.2.2.3. Concentración molar de fitoplancton (Phyc)

De acuerdo con los puntos extraídos desde *Copernicus* (gráfico 5.11), la línea de tendencia del promedio de estos puntos gráfico es una recta de pendiente positiva, indicando un aumento en los eventos de alzas de concentración de fitoplancton.

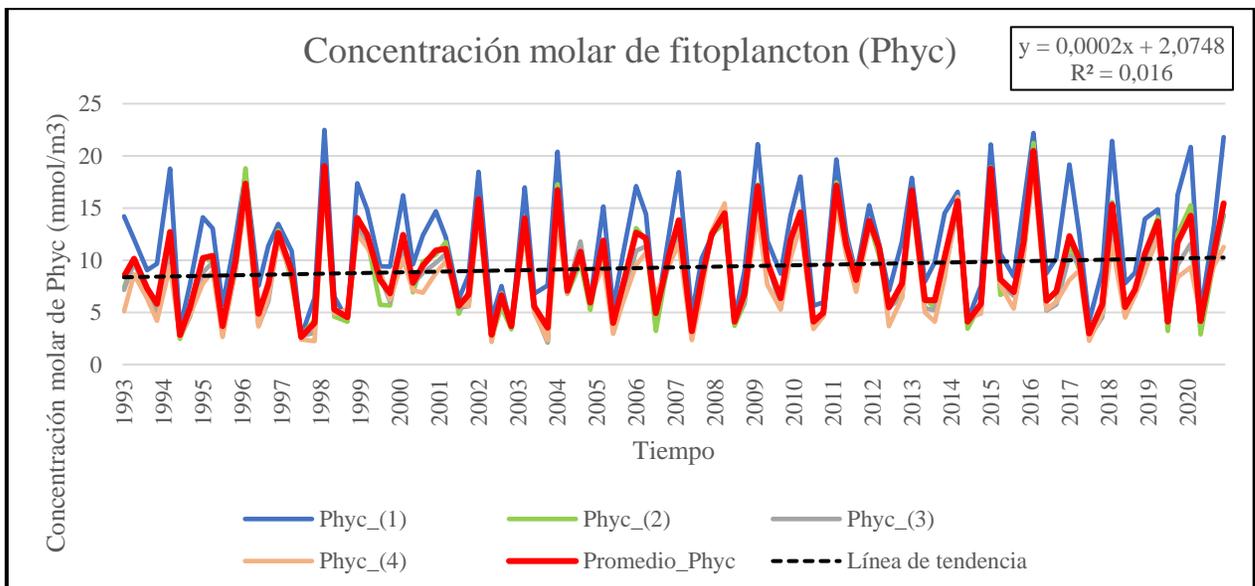


Gráfico 5.11: Concentración molar de fitoplancton (Phyc). Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio (línea roja). Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

Se observa una tendencia más lineal durante el período comprendido entre el 1999 y 2001. En general los cuatro puntos muestran una tendencia similar, siendo el punto (1) la zona con las concentraciones máximas de esta variable.

5.2.2.4. Concentración molar de nitrato (NO_3)

Esta base de datos obtenida desde *Copernicus*, con los cuatro puntos de interés cercanos al área de estudio, se promediaron y representaron con línea de color rojo en el gráfico 5.12.

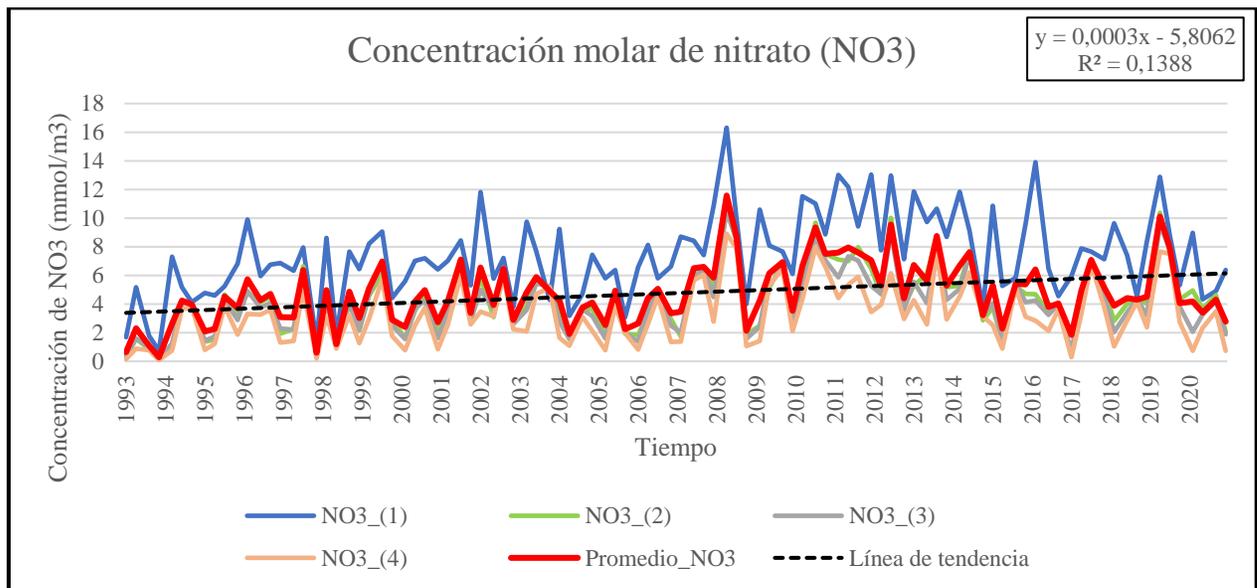


Gráfico 5.12: Concentración molar nitrato (NO_3). Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio. Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

El comportamiento de los 4 puntos de interés es similar entre sí, con una tendencia al aumento generalizado más acentuado después del 2009. La zona norte presenta las mayores concentraciones de nitrato. Se destacan los años 2008 y 2019 por *peaks* de alza en los cuatro puntos, junto con una baja de las concentraciones en las zonas (2), (3) y (4) durante el 2016, pero con un alza significativamente mayor en la zona (1).

5.2.2.5. Concentración molar de fosfato (PO_4)

De acuerdo con la base de datos extraída desde *Copernicus* en los cuatro puntos en estudio (gráfico 5.13); se observa una tendencia al alza desde 1993 hasta el 2022 en todos los puntos, lo cual indica un comportamiento similar, sin alzas y bajas significativas (más lineal que oscilatorio). En el rango temporal comprendido entre 2009 y 2014 hay una concentración mayor con respecto a años

anteriores y posteriores. En general el punto (1) es la zona con las concentraciones mayores seguido por la zona del punto (2).

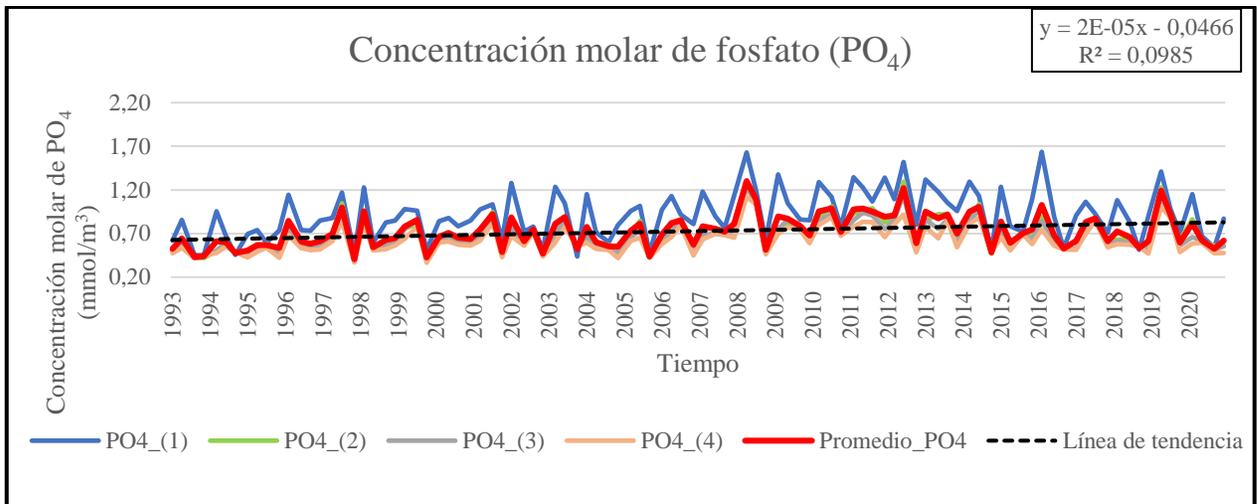


Gráfico 5.13: Concentración molar de fosfato (PO₄). Valores de los puntos en estudio (1 a 4) junto con los valores promedio (línea roja). Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

5.2.2.6. Concentración molar de sílice (Si)

De acuerdo con los puntos extraídos desde *Copernicus* (gráfico 5.14), la línea de tendencia del promedio de estos datos formó una recta de pendiente positiva con una tendencia al alza en general. En cambio, en rangos temporales más acotados –2017 al 2022 –, se observa una tendencia a la baja –o pendiente negativa–.

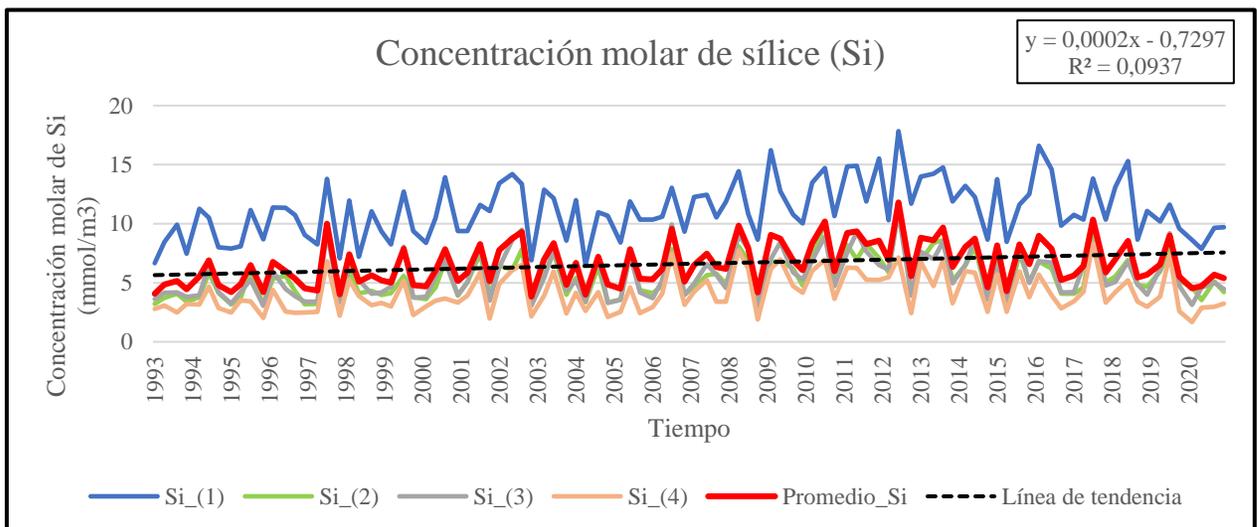


Gráfico 5.14: Concentración molar de sílice (Si). Valores de los puntos en estudio (1 a 4) junto con los valores promedio (línea roja). Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio expresados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

Los puntos del centro y sur (2, 3, y 4) indican un comportamiento semejante entre sí, en cambio, la zona del punto (1) contiene una mayor concentración de sílice y períodos cíclicos con cierta similitud a las zonas centro y sur (gráfico 5.14).

5.2.2.7. Concentración molar de hierro (Fe)

La concentración de hierro en la superficie oceánica obtenida a partir de *Copernicus* con los cuatro puntos de interés cercanos al área de estudio, se promediaron y representaron con línea de color rojo del gráfico 5.15.

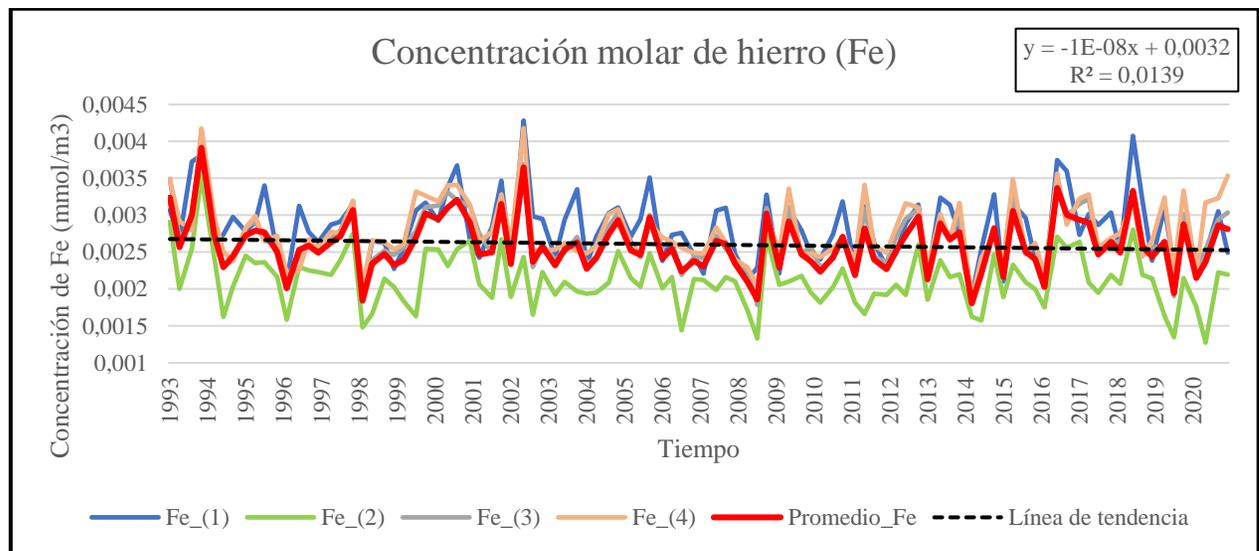


Gráfico 5.15: Concentración molar de hierro (Fe) en mmol/m^3 . Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio. Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

La tendencia general observada corresponde a una disminución en la concentración de hierro desde el 1993 hasta el 2022. El punto (2) contiene las menores concentraciones de Fe y el punto (1) las mayores. El período con mayor discrepancia en la tendencia entre los puntos es durante el 2002 al 2004, en donde los puntos (1), (3) y (4) tienen un pronunciado *peak*, no así el punto (2) que refleja una tendencia a la disminución.

5.2.2.8. pH del mar

De acuerdo con los puntos extraídos desde *Copernicus* (gráfico 5.16). En esta gráfica es posible observar que la línea de tendencia de los valores promedios forma una recta de pendiente negativa, indicando una disminución paulatina del pH en la superficie oceánica.

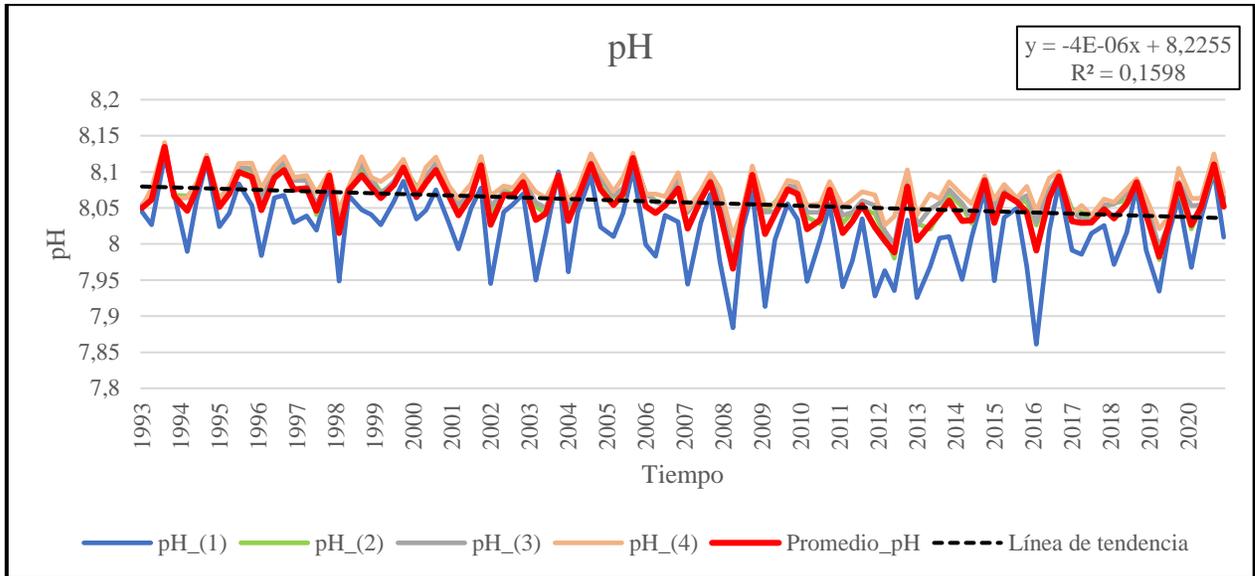


Gráfico 5.16: Nivel de pH. Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio (línea roja). Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

Los cuatro puntos muestran una tendencia similar, siendo el punto (1) la zona con bajas más pronunciadas de pH, con *peaks* inferiores durante los años 2008 y 2016, con eventos de bajas anuales desde el 2007. A diferencia de los años anteriores donde estos *peaks* de bajas eran menos intensos y en ciclos de tres años.

Esta tendencia a la disminución coincide con el proceso denominado “acidificación de los océanos”, el cual se produce debido a un exceso de CO_2 atmosférico que reacciona con el agua de mar formando ácido carbónico (libera un ión bicarbonato y un ión hidrógeno), y este exceso de iones hidrógeno se une a los iones carbonato libres en el agua, disminuyendo los iones carbonato cálcico perjudicando a los animales marinos que forman conchas y esqueletos a partir de estas, además en casos más extremos las estructuras calcáreas pueden llegar a disolverse (Harrould-Kolieb & Savitz, 2009).

5.2.2.9. Concentración molar de oxígeno disuelto (O_2)

Los puntos con información sobre esta variable fueron extraídos desde *Copernicus* usando el modelo GOBM (gráfico 5.17). A partir de esta gráfica es posible observar que la variación no es significativa en la tendencia general (leves alzas o aumentos), solo con una caída abrupta en el período comprendido entre el 1997 al 1998. Cabe destacar que el punto (1) registra valores de

máximas similares con los otros puntos, pero sus disminuciones son comparativamente muy abruptas, teniendo *peaks* bajos durante los años 1998, 2008 al 2009 y 2016.

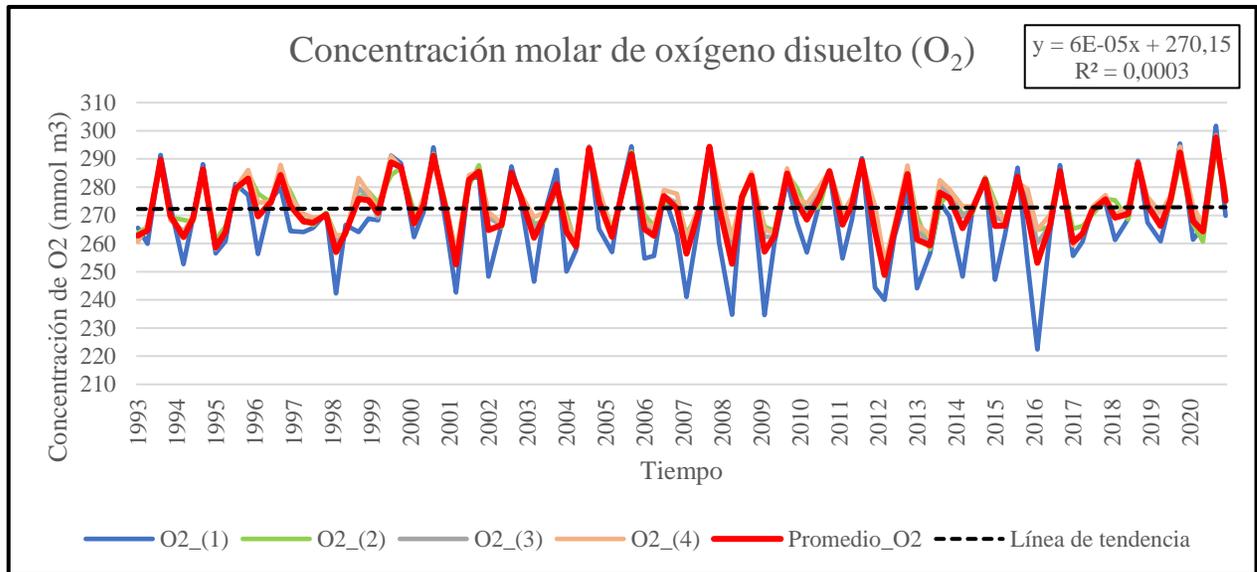


Gráfico 5.17: Concentración molar de oxígeno disuelto (O₂). Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio. Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R²) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOBM.

Otro modelo utilizado para la descarga de información fue el GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030, con el nombre de *Global Ocean Physics Reanalysis* (GOPR) para las variables de temperatura potencial en el fondo marino, temperatura potencial del agua marina y salinidad (Drévillon *et al.*, 2022). Se consideró la base de datos de rango mensual y se utilizaron los mismos cuatro puntos que en el producto GOBM.

El GOPR corresponde a una simulación oceánica global –rango temporal del 1993 al 2020–, que vincula los satélites lanzados durante los años noventa (TOPEX POSEIDON y ERS-1), sus datos fueron contrastados con observaciones y descripciones de evolución espacial-temporal de variables termodinámicas 3D, variables dinámicas, superficie del nivel del mar y características del hielo marino –concentración, espesor y velocidad horizontal– (Drévillon *et al.*, 2022).

5.2.2.10. Temperatura Potencial del Fondo Marino (TPFM) y Temperatura Potencial del Agua Marina (TPAM)

La temperatura potencial –del Fondo Marino y del Agua Marina–, se diferencia de la variable temperatura en que es insensible a los cambios de presión (aumento de presión al aumentar la

profundidad), pero es inferior a la temperatura *in situ* en aproximadamente $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 1.000 m de profundidad (Pawlowicz, 2013), es decir, la TPFM y la TPAM corresponden a variables que son resultado de una simulación digital, en donde no se considera la presión asociada a la profundidad. Por lo tanto, la TPFM corresponde a una simulación de la posible temperatura del fondo marino, en cambio, la TPAM es la temperatura aproximada de la columna de agua.

Al observar la línea de tendencia del promedio de los cuatro puntos de la TPFM (gráfico 5.18.A) se aprecia una leve tendencia a la disminución. La zona del punto (1) presenta las mayores temperaturas, seguida por la zona del punto (2) y finalmente las zonas (3) y (4) muestran una tendencia similar en las mínimas. En cambio, la TPAM de los 4 puntos presenta una tendencia muy similar, razón por la que se traslapan el gráfico 5.18.B, con una tendencia general a una disminución de temperaturas al igual que las TPFM.

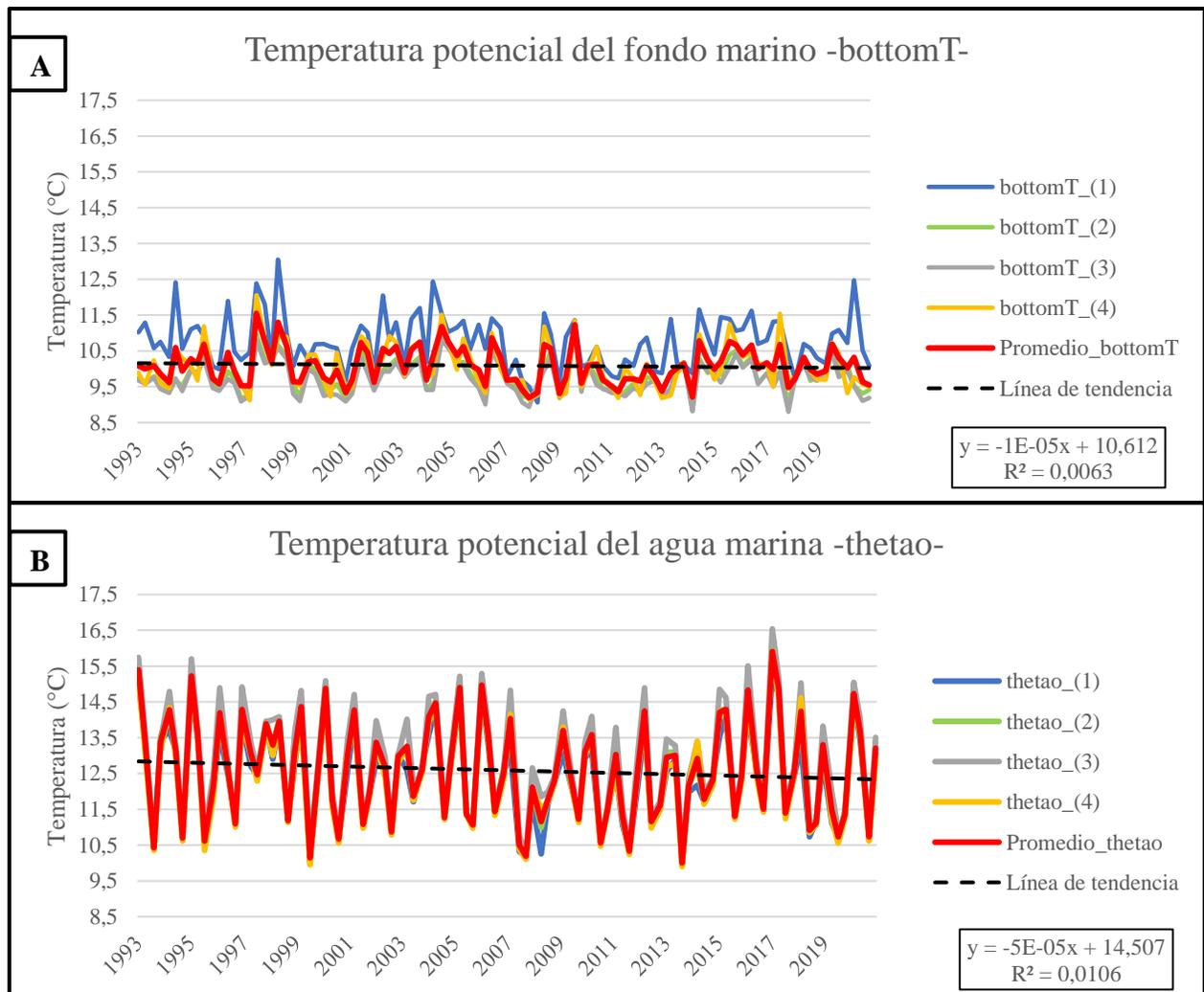


Gráfico 5.18: Temperatura potencial del fondo marino -bottomT- (A) y temperatura potencial del agua marina -thetao- (B). Valores de los puntos en estudio (1 a 4) junto con los valores promedio (línea roja). Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOPR.

Al comparar las dos graficas es posible observar un considerable evento de alza de TPFM durante 1998 al 1999, en cambio, en la TPAM durante ese mismo tiempo presenta una disminución en sus máximos. Otro período en que ambas gráficas se diferencian es durante el 2018, en donde la TPFM experimenta una baja de temperatura y la TPAM un alza pronunciada.

Respecto a sus similitudes, ambas gráficas indican una disminución de temperatura entre el 2008 al 2009.

5.2.2.11. Salinidad (PSU)

Al observar la línea de tendencia del promedio de los cuatro puntos seleccionados anteriormente, resulta el gráfico 5.19. En ella es posible observar que la tendencia general no presenta un cambio muy significativo (pendiente negativa de 0,000005) y esto se repite en las cuatro zonas de los puntos estudiados, sin embargo, se presume de un alzamiento paulatino entre 1993 al 1997, luego una disminución estable hasta 2007, y desde entonces la PSU se ha mantenido estable en ciclos periódicos, con un alzamiento pronunciado en 2008 y una baja en 2017.

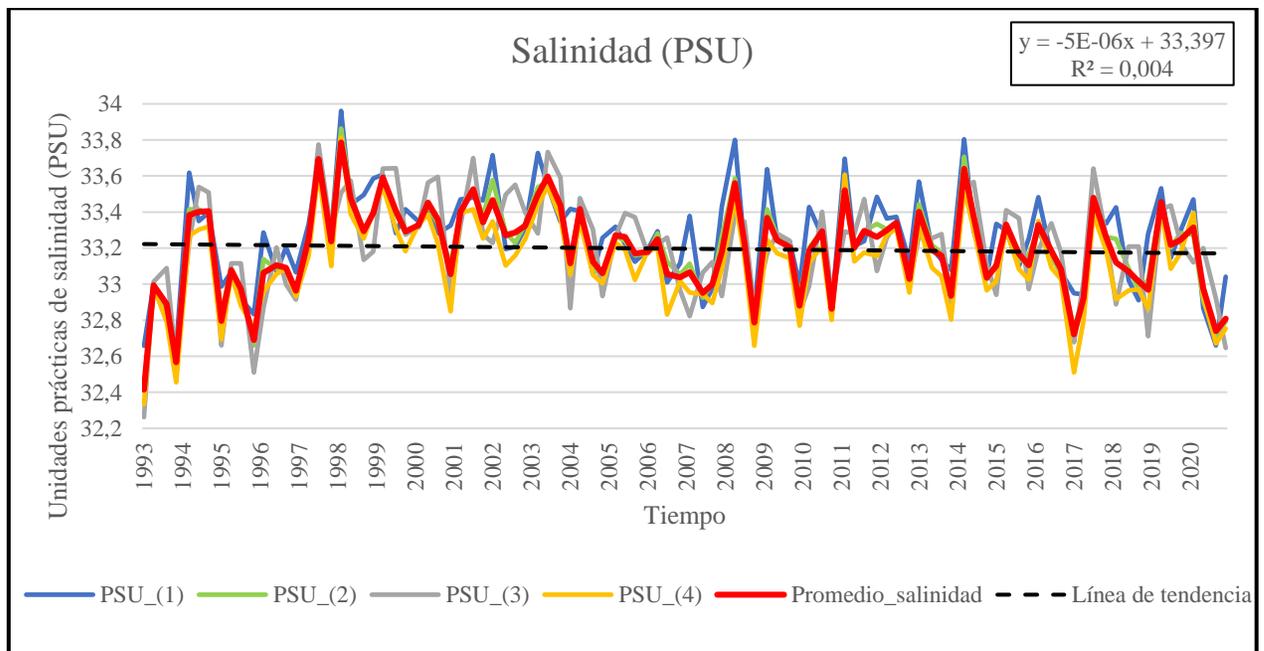


Gráfico 5.19: Concentración de salinidad (PSU). Valores de los puntos en estudio (1 al 4) junto con los valores promedio (línea roja). Ecuación de la línea de tendencia y coeficiente de determinación (R^2) del promedio indicados en el recuadro de borde negro. Elaborado a partir de la base de datos de GOPR.

5.3. Parámetros fluviales

Dentro del área de estudio hay cuatro ríos principales, tal como se detalla en el capítulo 2.5, siendo estos de norte a sur, el río Quihue, río Llesquehue, río Tranallanquín o Contaco y el río Maicolpué.

Las cuencas hídricas registradas en la DGA (2014) son de gran envergadura, mayor a lo observado en imágenes satelitales y terreno. Esto es debido a que la DGA agrupa las microcuencas que alimentan los ríos principales que desembocan en el área de estudio como dos sub-subcuencas, pero al considerar la escala de trabajo (local), estas son microcuencas (figura 5.3). Debido a lo anterior, las sub-subcuencas definidas por la DGA para el área de estudio no son la mejor representación de dichas microcuencas, estas se encuentran aisladas entre sí por el pronunciado relieve propio de la zona (Cordillera de la Costa) y tipo de litología.

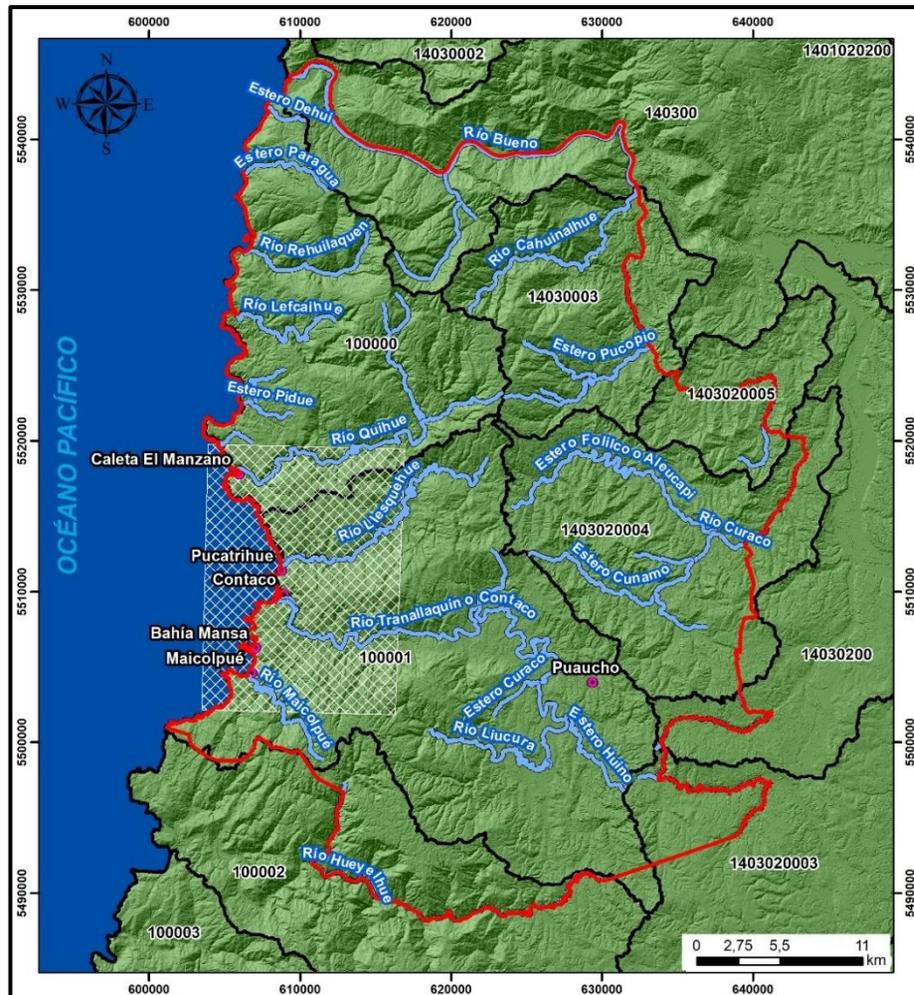


Figura 5.3: Mapa de sub-subcuencas según DGA 2014. Márgenes negros corresponden a sub-subcuencas con su código en negro, principales ríos y esteros en azul, en rojo la comuna de San Juan de la Costa y enrejado blanco el área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Elaboración de cuencas hídricas con ráster TanDEM-X DEM_GEOL0845

La definición de las microcuencas para el área de estudio y zonas circundantes se efectuó con el ráster de elevación TanDEM-X©DLR 2017, gracias al Proyecto TanDEM-X DEM_GEOL0845, el cual compartió estos ráster. Los ráster fueron ingresados y trabajados con el programa “ArcGIS Pro”, formando las siguientes cuencas hídricas (delimitadas en la figura 5.4):

- **Cuenca río Quihue:** Polígono en color turquesa.
- **Cuenca río Llesquehue:** Polígono en color verde.
- **Cuenca río Contaco o Tranallanquín:** Polígono en color amarillo.
- **Cuenca río Maicolpué:** Polígono en color magenta.
- **Vertientes independientes de la costa:** Polígonos en color naranja.

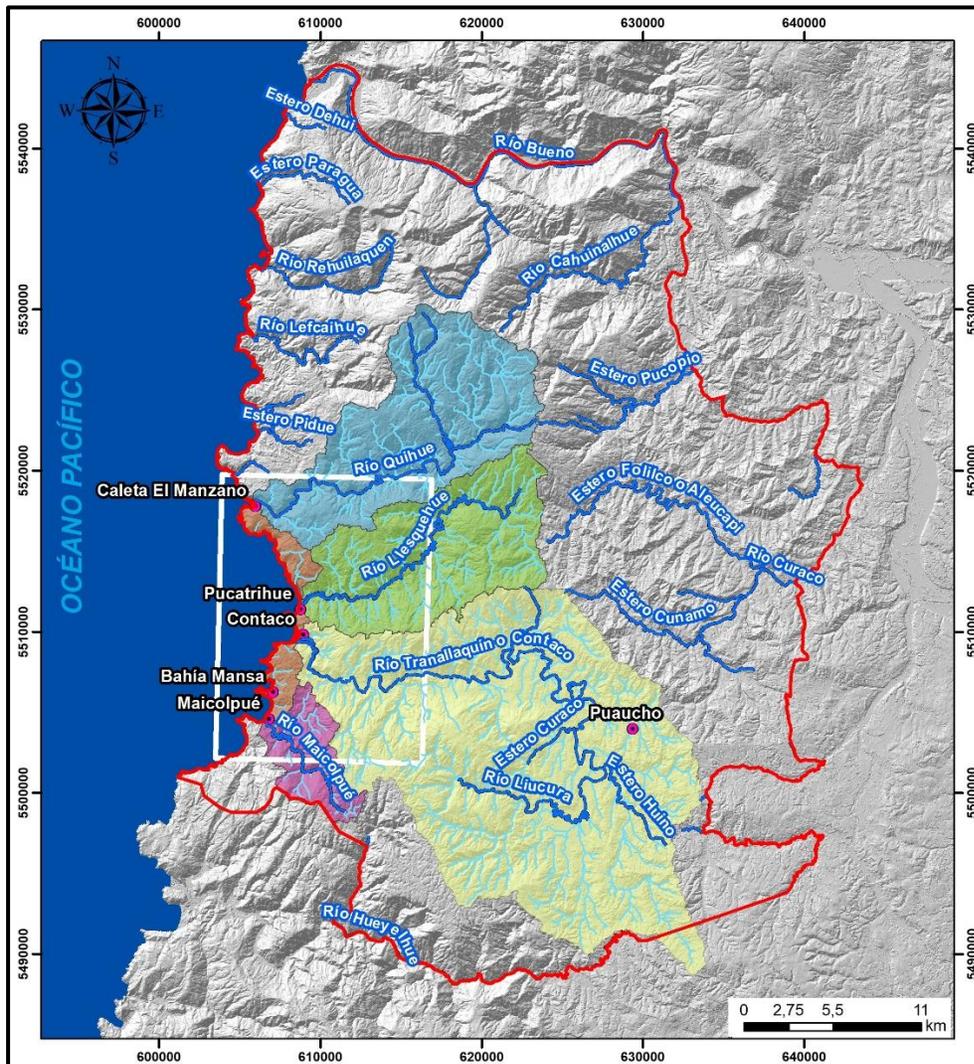


Figura 5.4: Microcuencas de los principales ríos que desembocan en el área de estudio. Área de estudio en recuadro blanco; los polígonos son áreas de las microcuencas; las líneas celestes y azules indican la red hídrica de la comuna de San Juan de la Costa; los límites rojos indican la comuna de San Juan de la Costa; y los puntos rosados indican las principales localidades. Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Base de datos fluviométricos de la DGA

Hay registros de una estación cercana al área de estudio, la cual está ubicada en el río Tranallanquín o Contaco (microcuenca definida con el mismo nombre). Los datos de dicha estación son los siguientes:

- **Nombre estación:** RIO TRANALLAGUIN EN CARRICO.
- **Estado:** Vigente.
- **Tipo de estación:** Fluviométrica.
- **Código BNA:** 10401001-6.
- **Coordenadas UTM:** 18H 625422 E - 5505757 N.
- **Cuenca:** “Cuencas e islas entre R. Bueno y R. Puelo”.
- **Subcuenca:** “Costeras entre río Bueno y río Maullín”.
- **Datos disponibles:** Caudales medios mensuales, altura y caudal instantáneo (diario), caudal medios diarios.
- **Rango temporal:** Junio 2000 a marzo 2022.

Los datos analizados corresponden a caudales medios diarios; estos datos se ingresaron al programa “Microsoft Excel” y se promediaron por mes resultando en el gráfico 5.20. Los períodos sin datos son representados como vacíos en la gráfica (por ejemplo 2005 y 2009):

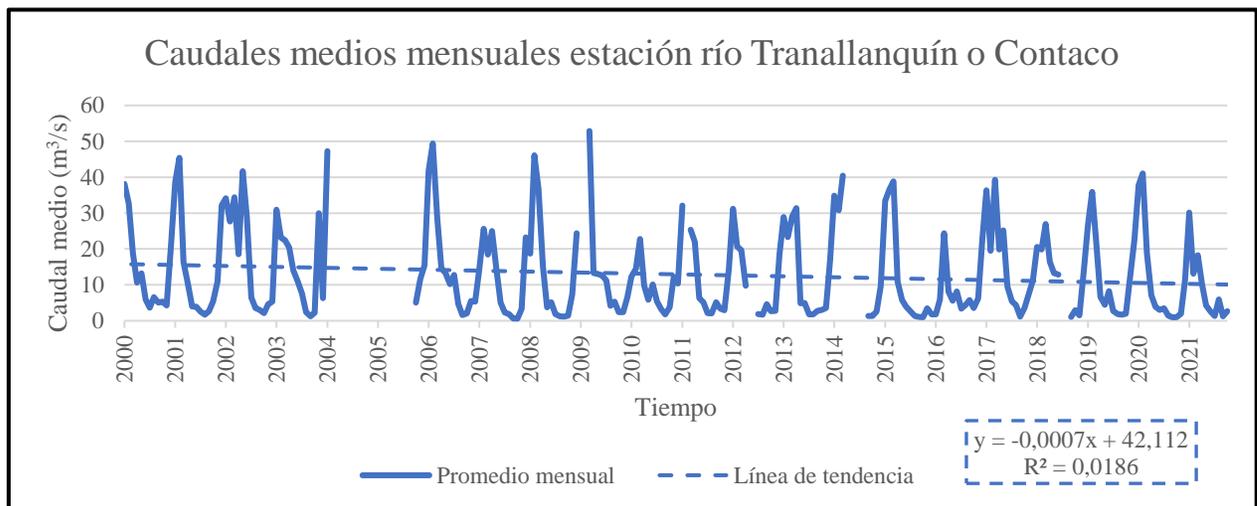


Gráfico 5.20: Caudal medio mensual (m^3/s) estación río Tranallanquín o Contaco. Ecuación de la recta y el coeficiente de determinación (R^2) de la línea de tendencia en el recuadro de línea segmentada. Elaborado a partir de la base de datos de la DGA.

La gráfica 5.20 indica en el registro una tendencia a la disminución aproximadamente de $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ desde el año 2000 hasta el 2022, siendo más evidente esta disminución en los intervalos de invierno desde mediados del 2010.

5.3.3. Datos físico-químicos medidos en terreno

Debido a la falta de información sobre parámetros físico-químicos dentro del área de estudio, se realizó un terreno los días 10 al 12 de junio del 2022, con el fin de realizar mediciones por medio de un multiparámetro portátil modelo “HANNA-HI98194” en los ríos principales (figura 5.5). Los datos obtenidos a partir del terreno son expresados en la tabla 5.6.

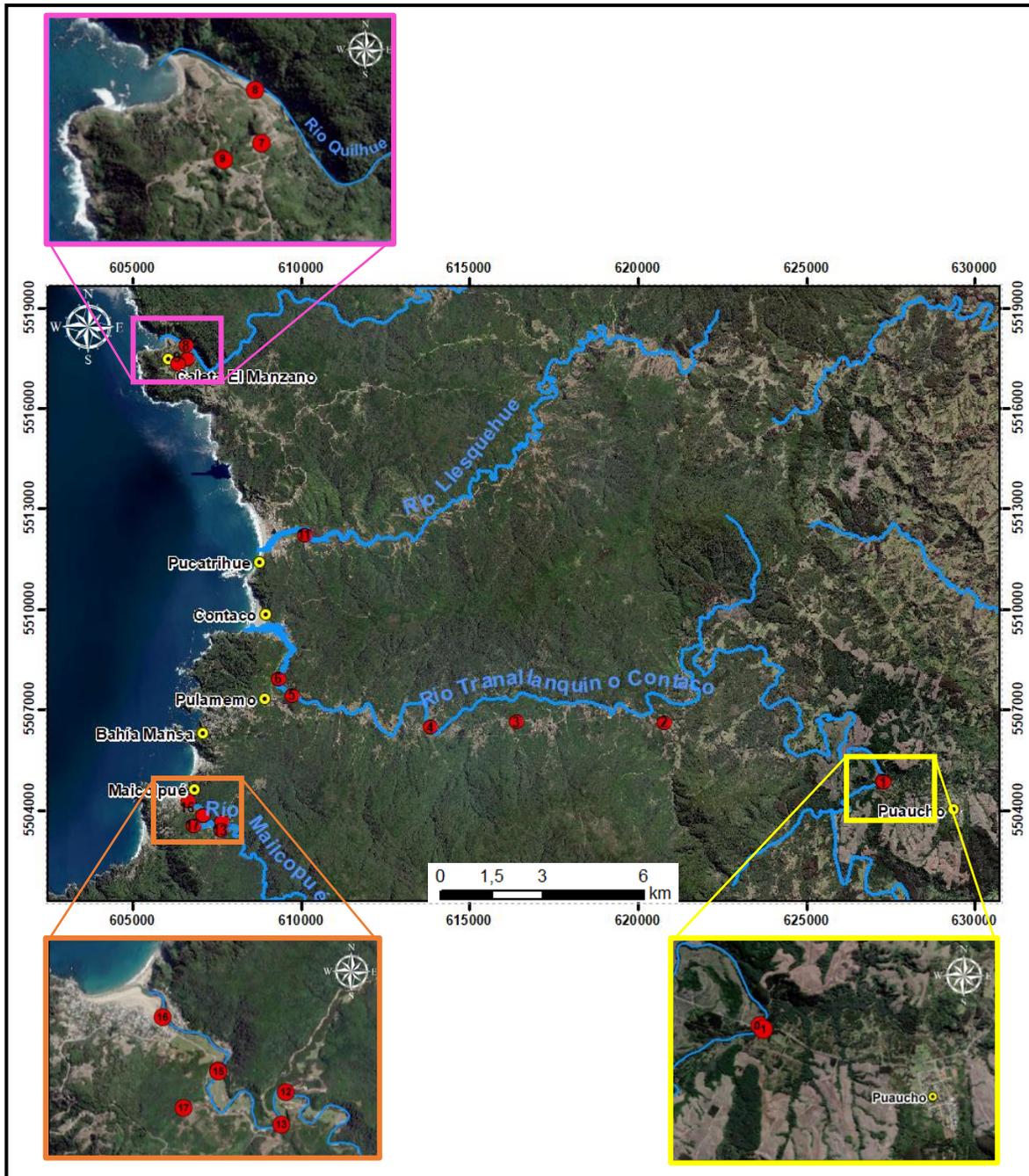


Figura 5.5: Mapa puntos de muestreo hídrico. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.6: Datos obtenidos en muestreo hídrico. Fuente: Elaboración propia.

N°	Ubicación	pH	%OD	µs/cm	T° (C°)	TDS (ppm)	PSU
0	Río Contaco	6,56	80,1	27	7,13	14	0,01
1	Vertiente	6,57	77,5	48	8,26	24	0,02
2	Afluente río Contaco	6,13	95,4	24	7,65	12	0,01
3	Afluente río Contaco	5,31	92,2	31	7,17	16	0,01
4	Río Contaco	6,21	92,4	28	7,32	14	0,01
5	Afluente Contaco	7,02	92,9	68	8,26	34	0,03
6	Río Contaco	6,40	91,7	45	7,41	22	0,03
7	Vertiente	6,25	79,4	155	14,49	77	0,07
8	Río Quihue	6,1	101,9	28	6,55	14	0,01
9	Pozo	5,51	44,3	97	8,37	48	0,05
10	Vertiente	6,43	83,6	74	9,23	37	0,02
11	Estuario Pucatrihue	6,37	92,4	1.016	7,97	508	0,51
12	Río Maicolpué	5,91	95,3	37	8,04	18	0,02
13	Vertiente	6,01	92,7	58	8,91	29	0,03
14	Vega	6,51	91,9	62	10,58	31	0,03
15	Río Maicolpué	6,00	92,7	43	8,33	21	0,02
16	Río Maicolpué	5,88	84,5	52	8,8	26	0,02
17	Vertiente	6,16	86,0	69	9,88	34	0,03

Las estaciones de la DGA que registran parámetros físico-químicos más próximos a las cuencas en estudio, están instaladas en otras microcuencas alejadas, por lo que no es posible entablar una comparación entre los datos de terreno y otras estaciones de la DGA para estas variables.

Cabe destacar que la toma de datos en terreno se realizó a fines de otoño, temporada de precipitaciones intermitentes y clima frío, factores que afectan algunas de estas variables. Por ejemplo, el oxígeno disuelto (OD) a mayor temperatura disminuye el OD y viceversa (Peña, 2007).

Los datos obtenidos se compararon con las normas chilenas oficiales que incluyen rangos establecidos sobre calidad de agua potable:

- **NCh 1333:** Norma Chilena Oficial que fija requisitos de calidad de agua para diferentes usos. Modificada en 1987.
- **NCh 409/1, primera edición 2005:** Norma Chilena Oficial que fija los requisitos de calidad para agua potable en todo el territorio nacional y se aplica al agua potable proveniente de cualquier servicio de abastecimiento.

5.3.3.1. pH fluvial

La norma establece que el agua potable para el consumo debe estar dentro del rango de 6,5 a 8,5, pero la mayoría de los puntos registraron un pH cercano a 6,0 esto implica una disminución en la carga bacteriana y no se cumpliría con la norma para el uso con fin de agua potable, pero sí sería apta para el riego, el cual exige un rango entre 5,5 a 9,0.

5.3.3.2. Conductividad específica o CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$) y sólidos disueltos totales o TDS (mg/l)

Casi todos los valores están dentro del rango en que no se observan efectos perjudiciales ($\text{CE} \leq 750$ y $\text{TDS} \leq 500$). El único punto fuera de estos márgenes es el punto 11 (estuario Pucatrihue), estos valores se encuentran en el rango en que podría haber efectos perjudiciales en cultivos sensibles ($750 < \text{CE} \leq 1.500$ y $500 < \text{TDS} \leq 1.000$), lo cual es presumible ya que es una zona de estuario, zona que se caracteriza por la mezcla de agua dulce, proveniente de la desembocadura del río Llesquehue, con agua salada que trasgrede la línea de costa cuando sube la marea.

5.3.3.3. Temperatura (T°)

La norma exige que para actividades de contacto directo (natación, buceo, esquí acuático) no debe superar los 30°C y los datos registran valores inferiores a esta temperatura, por lo que si se cumple la norma para este parámetro.

5.3.3.4. Oxígeno disuelto (%OD)

Esta variable puede ser un indicador de contaminación, ya que es indicadora de la calidad de vida de la biota. A valores mayores mejor desarrollo de organismos animales y vegetales (Peña, 2007). La norma chilena para el agua potable no fija los rangos para esta variable, por ello se comparó con rangos definidos por el manual Vernier (2006): los rangos son de supersaturación $\geq 101\%$, excelente 90-100%, adecuado 80-89%, aceptable 60-79%, y pobre con $<60\%$.

La mayoría de las mediciones registraron valores dentro del rango de “adecuado a excelente”; con las excepciones que –dos mediciones de vertientes– presentaron valores “adecuados”, una “supersaturada” correspondiente al río Quihue y una “pobre” correspondiente a un pozo.

Es probable que la medición pobre del pozo pueda indicar que el agua se encontraba estancada (sin flujo o renovación de agua), favoreciendo el desarrollo de bacterias anaeróbicas que podrían ser perjudiciales para el consumo humano (Vernier, 2006; Peña, 2007).

5.4. Parámetros atmosféricos-meteorológicos

5.4.1. Base de datos de precipitaciones de la Dirección General de Aguas (DGA)

En el registro de la base de datos perteneciente a la DGA, figura una estación meteorológica ubicada dentro de la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco, en la cual se registran datos de precipitaciones. El detalle de sus características son las siguientes:

- **Nombre estación:** BAHIA MANSA.
- **Tipo de estación:** Meteorológica.
- **Código BNA:** 10401002-4.
- **Latitud S/Longitud W:** 40° 35' 09" / 73° 43' 58".
- **Coordenadas UTM:** 18H 607241 E - 5506446 N.
- **Cuenca:** "Cuencas e islas entre R. Bueno y R. Puelo".
- **SubCuenca:** "Costeras entre río Bueno y río Maullín".
- **Altitud (m s.n.m.):** 84.
- **Rango temporal:** 01 de octubre del 1997 al 31 de marzo del 2002.

La información disponible en esta base de datos es de precipitaciones diarias y mensuales, además de las precipitaciones máximas (tabla 5.7) con un rango temporal entre el 1 de octubre del 1997 hasta el 31 de marzo del 2002.

Los años 1997 y 2002 contienen un registro de datos más acotados que los años 1998 al 2001, ya que solo contienen información de tres meses y no los 12 como el resto, debido a esto para los gráficos posteriores solo se considera del 1998 al 2001, y no del 1997 al 2002.

Tabla 5.7: Precipitaciones máximas en 24 horas entre los años 1997 y 2002. Fuente: Elaboración propia.

Año	Fecha	Máxima precipitación en 24 horas (mm) por año
1997 (desde octubre)	09 de octubre	51,90
1998	07 de agosto	95,00
1999	18 de julio	58,30
2000	01 de julio	122,50
2001	29 de enero	62,50
2002 (hasta marzo)	26 de febrero	41,00

Para graficar los datos de precipitación mensual, se trabajó la base de datos con el programa "Microsoft Excel", en el cual se agruparon los meses según rango temporal e información disponible, tal como se indica en la tabla 5.8, finalmente se elaboró el gráfico 5.21.

Tabla 5.8: Precipitaciones registradas en la estación “Bahía Mansa” años 1997 y 2002. Los meses con * corresponden a los meses con más de 20 días con información. Fuente: Elaboración propia.

AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1997										276,8	172,0*	115,7
1998	55,6	33,2*	104,1	150,0	179,8	257,0	165,3	277,0	75,2*	54,7	32,2*	74,8
1999	31,7	114,2*	89,1	56,2	254,2	339,6	194,1	330,2	164,7*	23,3	51,3*	37,3
2000	25,6	110,0*	123,0	167,5	164,4	577,9*	206,7	113,1	157,0*	160,1	108,5*	75,5
2001	208,0	81,0*	119,9	107,9	343,1	299,2*	419,9	249,9	109,6*	87,6	137,4*	14,4
2002	34,1	98,2*	160,8									

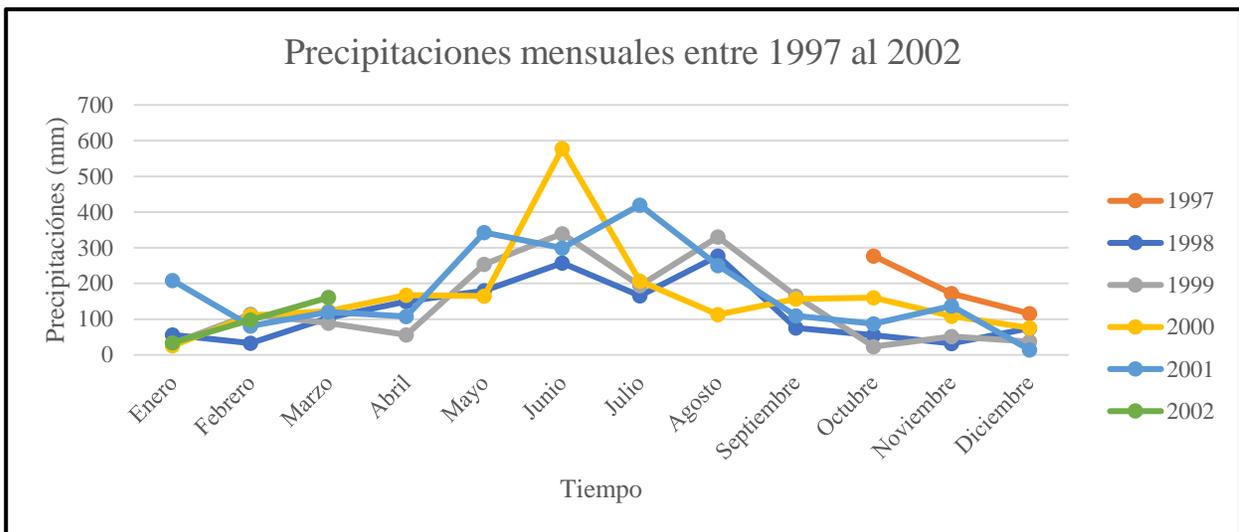


Gráfico 5.21: Precipitación mensual en la estación Bahía Mansa DGA. Cada línea corresponde a un año. Los datos de 1997 y 2002 se encuentran acotados debido a la falta de información durante esos años. Elaborado a partir de la base de datos de la DGA.

Posteriormente al gráfico 5.21, se calcularon las líneas de tendencia respectivas, con la salvedad de considerar solo el rango de 1998 al 2001. El comportamiento de las líneas de tendencias (modelo lineal) junto con su respectiva ecuación de la recta y coeficiente de determinación (R^2), están expresados en la tabla 5.9.

Tabla 5.9: Líneas de tendencia entre los años 1997 y 2002, estación DGA “Bahía Mansa”. (Fuente: Elaboración propia).

Año	Línea de tendencia	R^2
1998	$f(x): -1,1108x + 128,80$	0,0023
1999	$f(x): -1,1892x + 148,22$	0,0014
2000	$f(x): 0,7605x + 160,83$	0,0004
2001	$f(x): -6,9878x + 226,91$	0,0422

El comportamiento observado indica una disminución en las precipitaciones desde el 1998 hasta el 2001, con excepción del 2000 en el cual hay una tendencia al aumento.

Al graficar los datos de precipitación diarias, desde el 01 de octubre del 1997 hasta el 31 de marzo del 2002 se forma el gráfico 5.22.

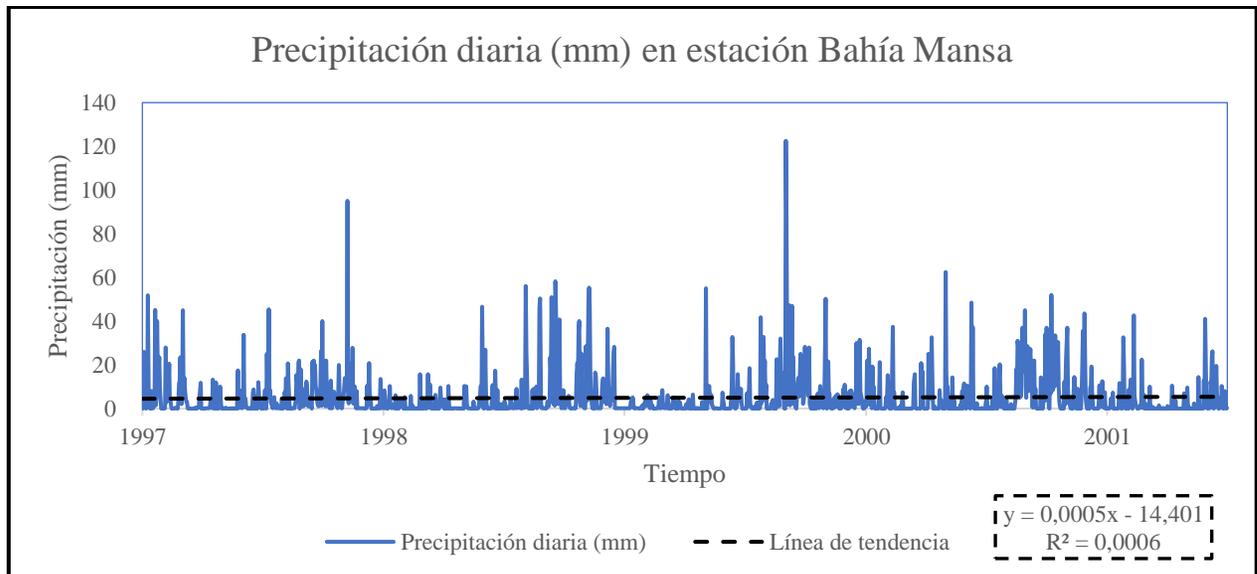


Gráfico 5.22: Precipitación diaria en la estación Bahía Mansa DGA. Ecuación de la recta y coeficiente de determinación de la línea de tendencia en el recuadro de márgenes segmentados. Elaborado a partir de la base de datos de la DGA.

Finalmente, la gráfica 5.22 junto con sus respectivas líneas de tendencia, indican una disminución en las precipitaciones desde el 1998 hasta el 2001, con excepción del 2000 en el cual hay una tendencia al aumento. Y al comparar con la gráfica de precipitaciones diarias (gráfico 2.22), es posible acotar el alza de las lluvias acumuladas al invierno (comenzado en junio) del 2000, al verano del 2001.

El evento de lluvias anómalas registradas durante junio del 2000 coincide con lo planteado por Figueroa (2014), en donde se atribuye este episodio al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Este fenómeno está asociado a precipitaciones sobre los valores normales en Chile central y sobre toda la porción sureste de América, habiendo condiciones opuestas cuando ocurre el episodio de La Niña (Garreaud *et al.*, 2008 en Figueroa, 2014).

5.4.2. Base de datos CR²:

Esta base de datos se extrajo del visor del CR² llamado “Mawün: Explorador de precipitaciones versión 2.1” (Zambrano-Bigiarini & Marinao, 2022). Contiene datos diarios, mensuales y anuales de proyecciones/modelos de variadas fuentes y metodologías. Entre sus fuentes figura la estación

pluvial de la DGA “Bahía Mansa [10401002]”, misma estación estudiada en el apartado anterior, pero al comparar dichos valores con los datos extraídos directamente de la DGA, no son exactamente iguales, además tampoco se consideran los valores de los años 1997 ni 2002 (tabla 5.10).

Tabla 5.10: Comparación datos extraídos de la DGA vs datos extraídos desde CR² Mawün. Fuente: Elaborado a partir de la base de datos de (CR)² Mawün: Explorador de precipitaciones versión 2.1.

Año / Fuente	Estación DGA, precipitación anual (mm)	Estación DGA / CR ² precipitación anual (mm)	Diferencia (%)
1998	1.458,9	1.429,0	2,0
1999	1.685,9	1.651,0	2,1
2000	1.989,3	1.987,0	0,1
2001	2.177,9	2.167,0	0,5

Los datos ingresados al programa “Microsoft Excel” corresponden a valores mensuales de variadas proyecciones y fuentes del CR² Mawün, la Estación_mm corresponde a los datos de la DGA/CR² Mawün (gráfico 5.23).

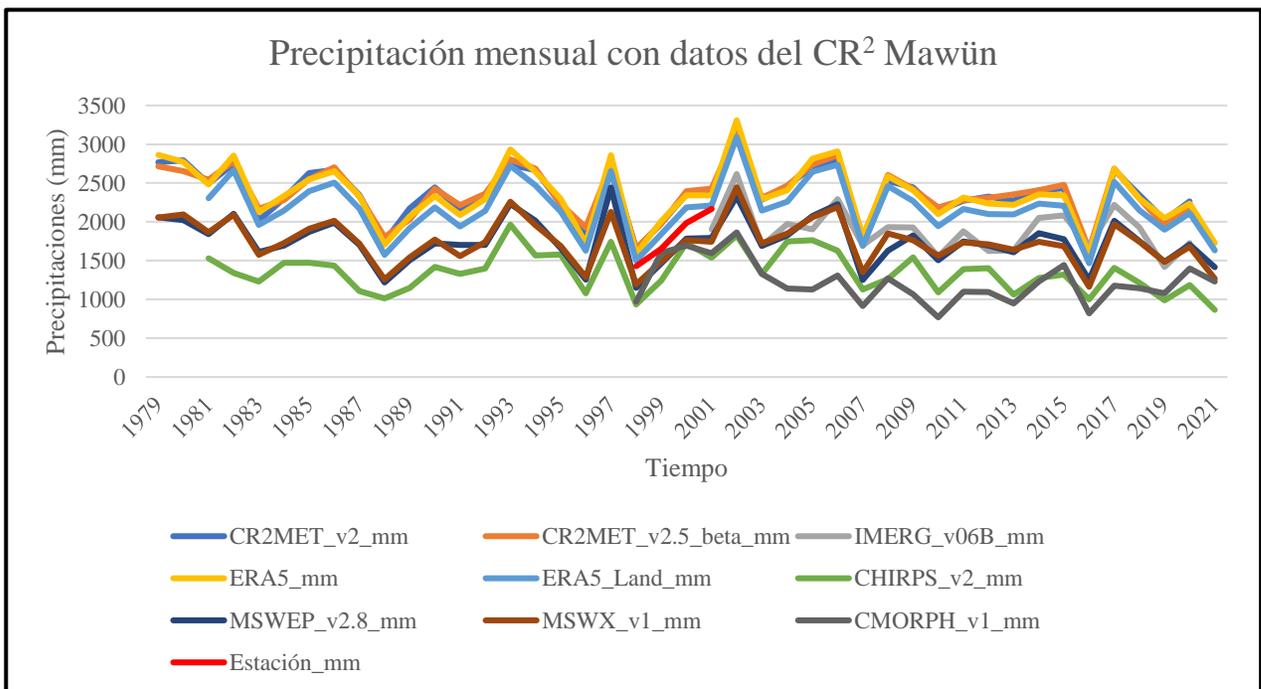


Gráfico 5.23: Precipitación mensual con datos extraídos desde (CR)² Mawün. Elaborado a partir de la base de datos de (CR)² y Mawün: Explorador de precipitaciones versión 2.1.

Las líneas de tendencia lineales obtenidas a partir del gráfico 5.23 son descritas en ecuaciones de la recta y coeficientes de determinación (R^2) para cada modelo según el rango temporal respectivo (tabla 5.11).

Tabla 5.11: Líneas de tendencia por fuentes y proyecciones CR² Mawün. Elaborado a partir de la base de datos de (CR)² Mawün: Explorador de precipitaciones versión 2.1.

Estación/modelo	Rango temporal	Línea de tendencia	R ²
Estación_mm	01/10/1997 al 01/04/2002	$f_{(x)}: 255x - 508064,0$	0,9876
CR2MET_v2	01/01/1979 al 31/12/2020	$f_{(x)}: -5,5088x + 13373,0$	0,0390
CR2MET_v2.5_beta	01/01/1979 al 31/12/2020	$f_{(x)}: -5,2334x + 2481,7$	0,0359
IMERG_v06B	01/01/2001 al 29/09/2021	$f_{(x)}: -15,705x + 33461,0$	0,11
ERA5	01/01/1979 al 30/06/2022	$f_{(x)}: -7,7244x + 2515,9$	0,0624
ERA5_Land	01/01/1981 al 30/04/2022	$f_{(x)}: -4,343x + 2263,7$	0,0208
CHIRPS_v2	01/01/1981 al 30/06/2022	$f_{(x)}: -5,6098x + 1476,5$	0,0646
MSWEP_v2.8	01/01/1979 al 30/06/2022	$f_{(x)}: -4,8002x + 1854,1$	0,0405
MSWX_v1	01/01/1979 al 30/06/2022	$f_{(x)}: -6,0461x + 1878,1$	0,0683
CMORPH_v1	01/01/1998 al 31/12/2022	$f_{(x)}: -14,287x + 1400,3$	0,1368

La mayoría de las gráficas muestran una línea de tendencia negativa, con valores de pendiente de -5 a -14 con mayoría de -5 y todas las R² dan valores de 0,039 a 0,11. La única que no cumple lo anterior es la “Estación_mm”, con valores de pendiente positiva (aumento de lluvias). Se presume que se debe al acotado rango temporal de los datos, junto las lluvias anómalas ocurridas entre 2000 y 2001, tal como lo descrito en la sección anterior, explicarían la tendencia anómala de la estación “Estación_mm”.

5.4.3. Base de datos de la DGAC

En este capítulo se mostrará los resultados obtenidos a partir de la base de datos descargada desde los servicios climáticos de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), entidad dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Esta base de datos presenta un registro de tres estaciones ubicadas al interior de la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco, y una estación próxima, sin embargo, también se encuentra dentro de la comuna de San Juan de la Costa.

Tal como es posible observar en la figura 5.6, solo hay estaciones en la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco y ninguna en las otras microcuencas definidas en la sección 5.3.1, por ende, no hay información disponible sobre las otras microcuencas que desembocan en el área de estudio. Si bien la estación (2) no se ubica dentro también es relevante por su cercanía a la cuenca e información de temperaturas históricas disponible. La descripción de las estaciones en estudio se detalla en la tabla 5.12.

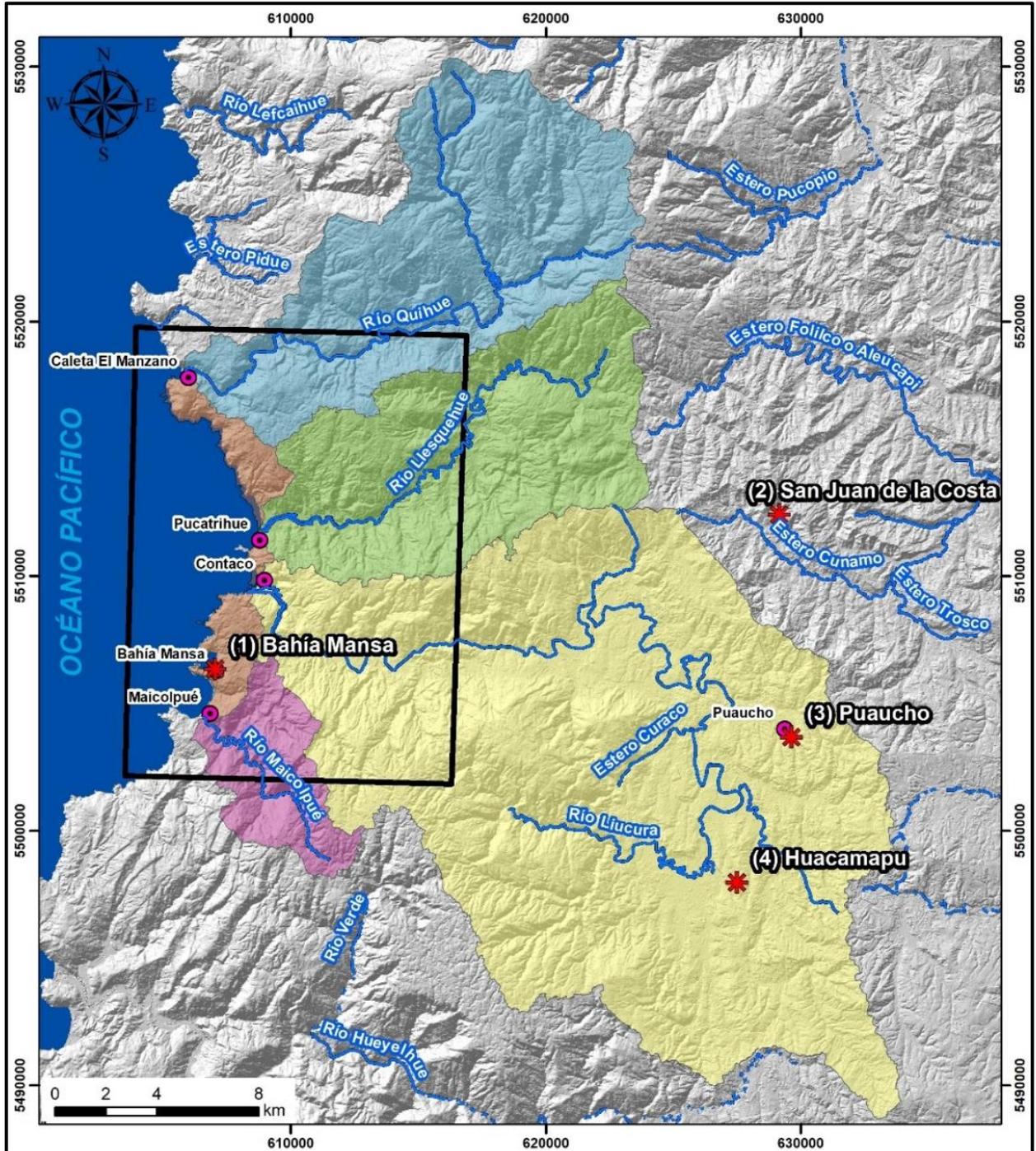


Figura 5.6: Mapa ubicación estaciones registradas en DGAC. Asteriscos rojos corresponden a las estaciones de la DGAC, polígonos representan las microcuencas que desembocan en el área de estudio (rectángulo negro), líneas azules son los ríos principales y puntos rosados son las principales localidades. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.12: Descripción estaciones disponibles en visor DGAC. Estaciones marcadas en la figura 5.30. Fuente: Elaboración propia.

Nombre de la estación	(1) Bahía Mansa	(2) San Juan de la Costa	(3) Puaucho	(4) Huacamapu
Código nacional	400033	400008	400030	400057
Propietario	Dirección Meteorológica de Chile	Dirección Meteorológica de Chile	Dirección Meteorológica de Chile	Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA)
Tipo de estación	Climatológica	Pluviométrica	TermoPluviométrica	Climatológica
Altitud (m s.n.m.)	102	67	143	144
Datos históricos	Por hora desde junio 2017 hasta 2022	Diarios desde enero 1971 a enero 1978	Mensual desde marzo 1992 a diciembre 1998	Mensual, julio 2017 hasta 2022
Variables de interés	Precipitaciones, presión atmosférica, humedad relativa, temperatura	Precipitaciones acumuladas	Temperatura máxima y mínima	Temperatura, agua caída (precipitaciones), humedad relativa, presión atmosférica

Para comparar estas variables considerando la distribución espacial y temporal de los datos, se agrupó la información de las estaciones (1) y (4), y el análisis individual de las estaciones (2) y (3).

La base de datos de la estación (4) se descargó directamente desde el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

5.4.3.1. Precipitaciones

La base de datos describió esta variable como “cantidad de precipitación líquida caída o acumulada durante un período de 24 horas (Día)”, estos datos fueron ingresados al software “Microsoft Excel”, obteniendo así los promedios mensuales de cada estación.

La información disponible se dividió de la siguiente forma: la estación “(1) Bahía Mansa” y la estación “(4) Huacamapu” se agruparon en un gráfico, debido a la similitud del rango temporal de los datos, mientras que la estación “(2) San Juan de la Costa” debió ser graficada individualmente.

Los gráficos finales se representaron en la figura 5.24. Las líneas de tendencia en la figura 5.24.A indican que desde el 2017 se ha registrado una disminución en la cantidad de precipitación (agua líquida caída), lo cual difiere con el registro histórico de la estación (2) (figura 5.24.B) en donde hay una tendencia más homogénea (pendiente cercana a cero) con un leve aumento en las precipitaciones entre los años 1973 al 1978.

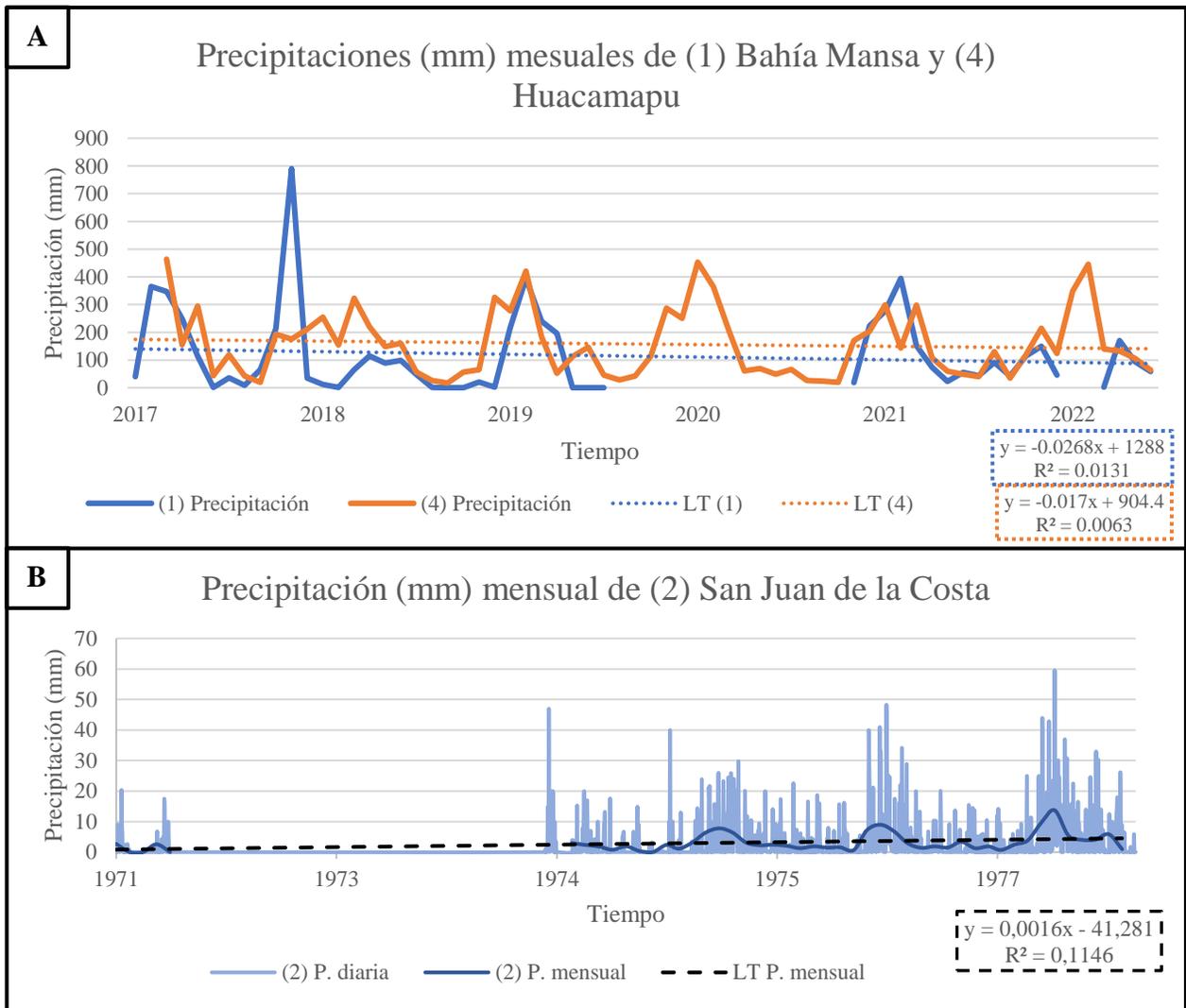


Gráfico 5.24: Precipitación mensual con datos registrados en estaciones. A) Precipitaciones registradas en las estaciones (1) y (4). B) Precipitaciones registradas en la estación (2) datos diarios vs datos mensuales. Línea de tendencia (LT) y coeficiente de determinación (R^2) en los recuadros respectivos con bordes de líneas segmentadas. Elaborado a partir de la base de datos de la DGAC.

5.4.3.2. Temperatura (T°)

El registro de esta variable depende de las necesidades y/u objetivos principales de cada estación:

- La estación “(1) Bahía Mansa” contiene registros de Temperatura del Aire ($T^\circ A$) y Temperatura de Rocío ($T^\circ R$). Esta última corresponde a la temperatura a la cual empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, neblina, etc. (DGAC, 2022). Sus datos van del 2017 al 2022.

- La estación “(4) Huacamapu” registra datos de T°A y Temperatura de Superficie (T°S), esta última corresponde a la temperatura registrada a 5 cm sobre el suelo, relevante para estudios de las ciencias agrónomas. Sus datos van del 2017 al 2022.
- La estación “(3) Puaucho” presenta en su registro de temperaturas máximas y mínimas en un rango temporal entre 1992 y 1998.

El rango temporal de las estaciones (1) y (4) es similar por lo que nuevamente fueron agrupadas en las mismas gráficas (gráficos 5.25 y 5.26). La estación “(3) Puaucho” contiene información de rango temporal entre 1992 al 1998, por lo que su representación fue separada de las estaciones (1) y (4) (gráfico 5.27).

En el gráfico 5.25 es posible observar que las temperaturas promedio de la estación “(4) Huacamapu” forman una pendiente de la recta casi paralela al eje x lo que significa que no hay una variación significativa entre las temperaturas entre el 2017 y 2022. Los datos de la estación “(1) Bahía Mansa” carecen de datos entre marzo del 2020 hasta marzo del 2021 y julio del 2021 hasta noviembre del 2021 (para todos los valores de temperatura), por lo que su línea de tendencia no es tan precisa como la de la estación (4) y la tendencia al alza no es representativa. Cabe destacar, un alza anómala a comienzos del 2019 en las temperaturas registradas por esta estación, pero como posteriormente faltan datos, es probable que se deba a un problema en el instrumento de medición.

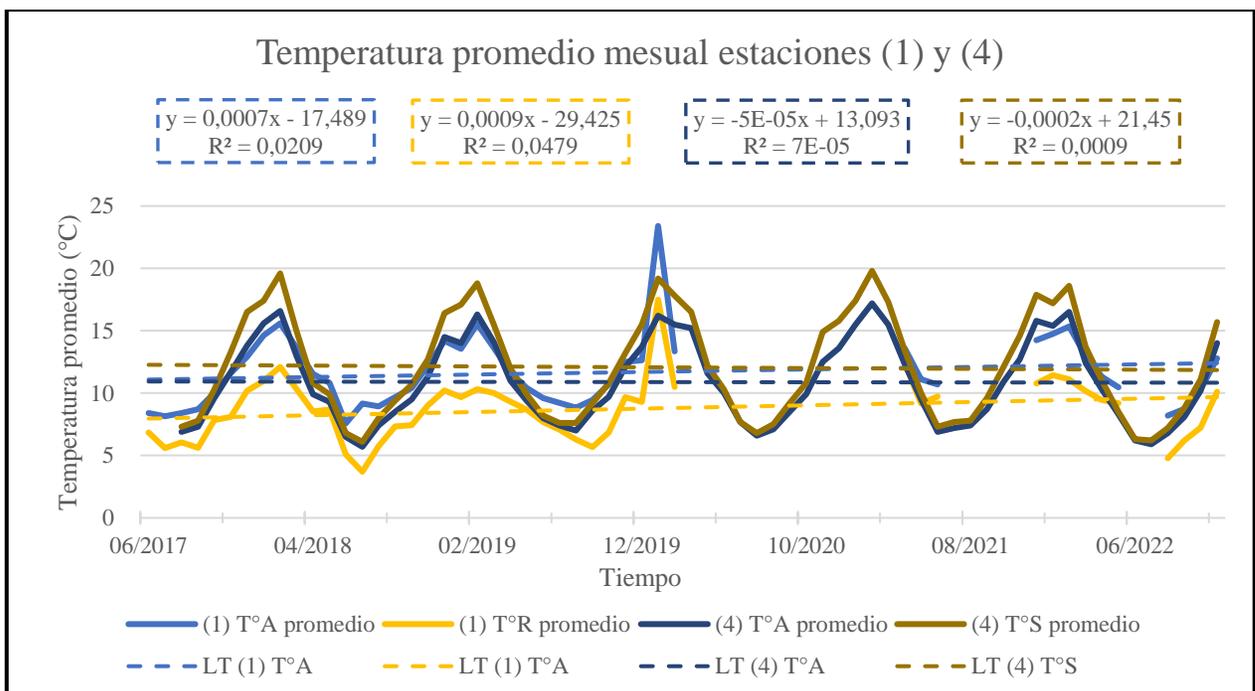


Gráfico 5.25: Temperatura promedio mensual. Línea de Tendencia (LT) y coeficiente de determinación (R²). Temperatura del aire (T°A), Temperatura de Rocío (T°R), Temperatura de Superficie (T°S). Elaborado a partir de la base de datos de la DGAC.

En los gráficos 5.26, es posible observar que las temperaturas máximas y mínimas de la estación (1) son más pronunciadas que las de la estación (4), es decir, se registraron temperaturas mayores y menores en Bahía Mansa que en Huacamapu, habiendo en la zona de Huacamapu temperaturas más estables. La mayoría de las tendencias no tienen una variación significativa en las temperaturas entre el 2017 y 2022, a excepción de las mínimas en Bahía Mansa las cuales muestran un alza.

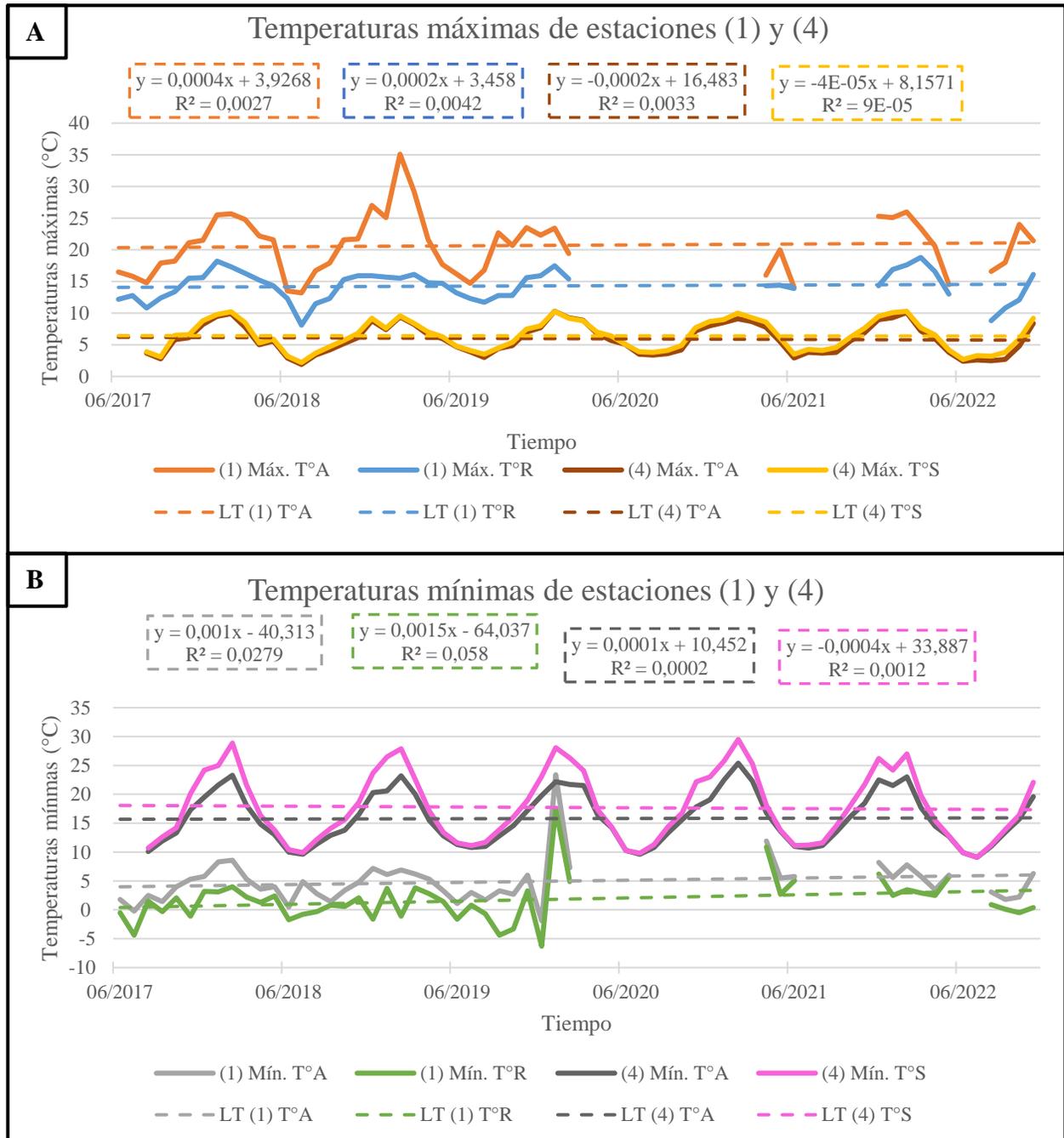


Gráfico 5.26: Temperaturas máximas y mínimas de las estaciones (1) y (4). A) Temperaturas máximas registradas en las estaciones (1) y (4). B) Temperaturas mínimas registradas en la estación (1) y (4). Línea de Tendencia (LT) y coeficiente de determinación (R^2) expresadas en los recuadros de líneas segmentadas. Elaborado a partir de la base de datos de la DGAC.

En el gráfico 5.27, es posible observar que las temperaturas registradas entre 1992 y 1998 en la estación “(3) Puaucho”, presentan un comportamiento distinto. La línea de tendencia de las temperaturas máximas indica un alza y con fluctuaciones en un rango de aproximadamente 15 °C (los que coinciden con los cambios de estación), en cambio, las temperaturas mínimas no tienen una tendencia predominante –pendiente baja–, además estas últimas no varían en más de 10 °C (con excepción durante el 1995, pero coincide con el rango sin información, por lo que se podría deber a un error en el instrumento de medición).

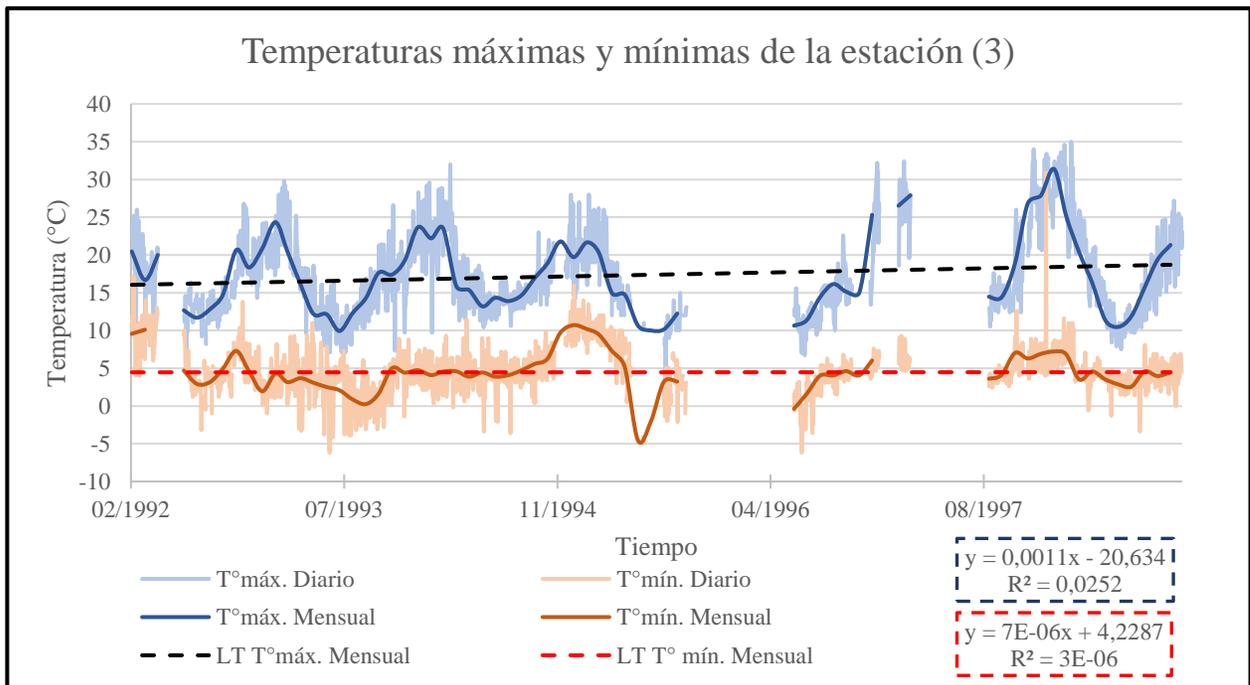


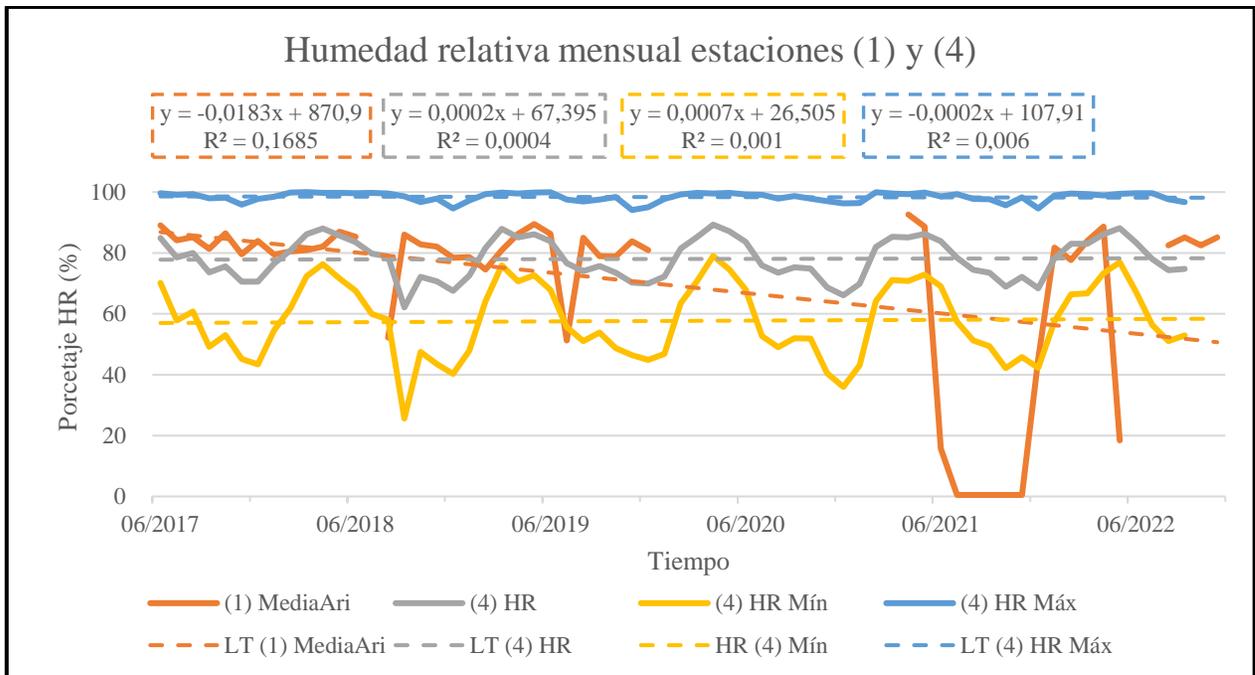
Gráfico 5.27: Temperaturas máximas y mínimas de la estación (3). Temperaturas máximas y mínimas de la estación (3). Línea de Tendencia (LT) y coeficiente de determinación (R^2) expresadas en los recuadros de líneas segmentadas. Elaborado a partir de la base de datos de la DGAC.

5.4.3.3. Humedad Relativa (HR)

Solo las estaciones (1) y (4) contienen información de esta variable, estos datos se presentan en porcentajes y corresponden a valores mensuales.

- La estación (1) y (4) registra valores de HR como la humedad que contiene una masa de aire en relación con a la máxima humedad absoluta que puede contener (DGAC, 2022).
- La estación (1) divide su información en media aritmética (MediaAri) y media climatológica (MediaCli), sin embargo, sus valores apenas difieren, esto por esto que solo se graficó la MediAri. En cambio, la estación (4) registra su información en HR promedio, HR máximo y HR mínimos.

Los datos mensuales de ambas estaciones se graficaron en un mismo gráfico 5.28, debido a que sus rangos temporales son similares (2017 al 2022).



Gráfica 5.28: Humedad relativa (HR) mensual. Línea de Tendencia (LT) y coeficiente de determinación (R^2) expresadas en los recuadros de líneas segmentadas. Elaborado a partir de la base de datos de la DGAC.

La estación (1) carece de información, entre marzo del 2020 hasta marzo del 2021, y de julio del 2021 hasta noviembre del 2021 (gráfica 5.28).

La gráfica de HR mínimas de la estación (4) indica *peaks* negativos más frecuentes en períodos de primavera-verano, y *peaks* positivos durante fines de verano-otoño. En general no se observa una tendencia significativa entre el 2017 al 2022 para esta estación.

La HR Media Aritmética –estación (1)– indica una tendencia a la disminución, pero es probable que se deba a los vacíos de información y valores anómalos, en el rango temporal comprendido entre el 2020 y el 2021. Junto con lo anterior, esta base de datos contiene valores anómalos a mediados del 2021 (valores de 0,5), se presume que debe haber ocurrido problemas instrumentales o en la recolección de datos al momento de la medición y por ende esta línea de tendencia no es representativa del comportamiento de la HR en el área de estudio.

5.4.3.4. Presión atmosférica

Solo las estaciones (1) y (4) contienen información de esta variable. Ambas estaciones utilizan la unidad mbar.

La estación (1) registra información de la presión atmosférica corregida al nivel medio del mar (QFF), corregida al nivel medio del mar mediante atmosfera estándar OACI (QNH) y presión corregida al nivel o elevación de la estación o aeródromo (QFE). La estación (4) solo tiene QFE, debido a ello, solo se graficaron estos valores tener una variable a comparar, resultando en el gráfico 5.29.

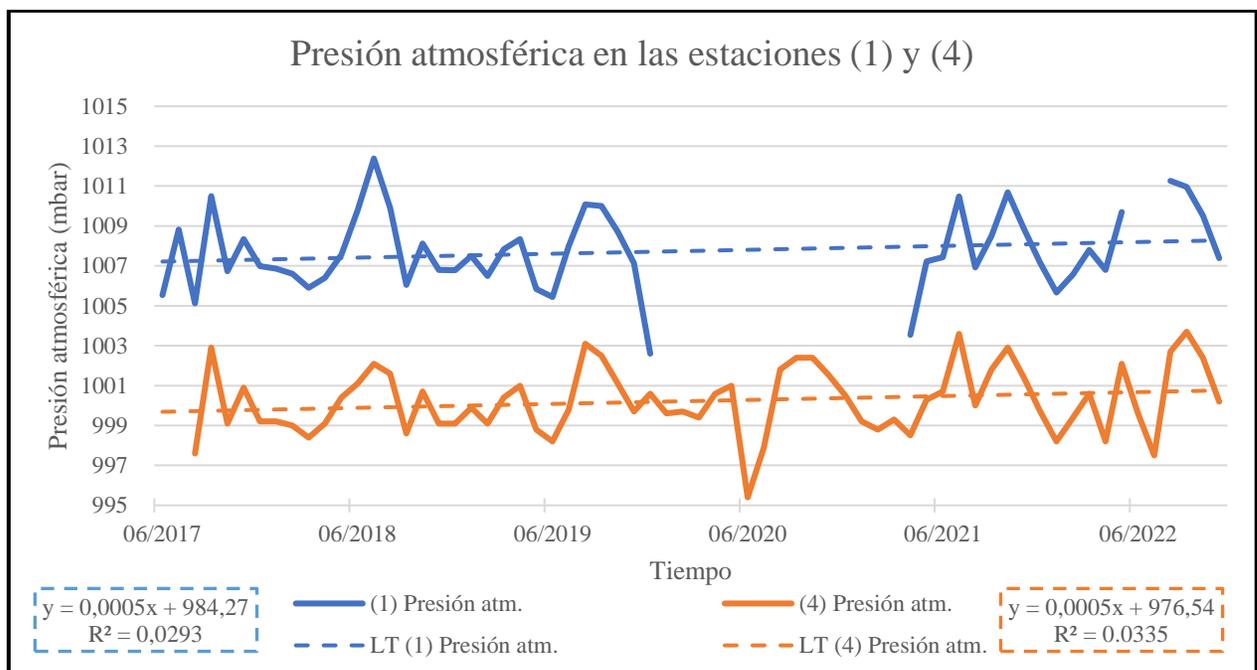


Gráfico 5.29: Presión atmosférica estaciones “(1) Bahía Mansa” y “(4) Huacamapu”. Línea de Tendencia (LT) y coeficiente de determinación (R^2) expresadas en los recuadros de líneas segmentadas. Elaborado a partir de la base de datos de la DGAC.

La estación “(4) Huacamapu”, presenta menores presiones atmosféricas debido a que los instrumentos de medición se ubican en zonas de mayor altura que la estación “(1) Bahía Mansa”. Ambas estaciones indican una leve tendencia a un aumento de presión atmosférica, junto con *peaks* más pronunciados después de enero del 2021.

A mediados del 2020 es posible observar un abrupto cambio de pendiente en la estación (4) y se observa un vacío de información en la estación de (1) Bahía Mansa entre fines del 2019 a mediados del 2021.

5.5. Parámetros edafológicos o de suelo

Para comprender el estado del suelo es necesario vincular diversos factores, tales como tipo de suelo, morfología y dinámica del perfil de suelo, presencia o ausencia de un mantillo –cobertura vegetal o horizonte orgánico–, entre otros (Thiers *et al.*, 2014).

No fue posible hallar una base de datos que contenga un registro local actualizado de nutrientes ni pH de suelo –parámetros relevantes para estudiar su estado–, debido a ello se seleccionó el parámetro de pH como un indicador preliminar del estado del suelo, ya que el grado de acidez del terreno representa una limitante en la disponibilidad de nutrientes (Carvajal & Gómez, 2016), además, los suelos ácidos favorecen la solubilidad de elementos tóxicos como el Al y Mn (Rivera *et al.*, 2018).

Por lo anterior se realizó un muestreo de suelo con el fin de crear una base de datos bajo condiciones de terreno (*in situ*) y laboratorio (muestras húmedas vs muestras secadas al aire), y a partir de este parámetro evaluar preliminarmente el estado del suelo.

5.5.1. Registro histórico CONAF

Este registro está compuesto por dos grupos de *shapefiles*, ambos incluyen cobertura vegetal y usos de suelo pertenecientes a la Región de los Lagos, uno actualizado el 2006 y el otro durante el 2014. Estos registros permiten comparar la densidad de la cobertura en el área de estudio durante 2006 y 2014 y así visualizar las posibles variaciones, tales como:

El área de Choroy-Traiguén (ladera norte del río Llesquehue) presenta un cambio del área densa a semidensa entre 2006 y 2014, a diferencia del sur, en la zona de Maicolpué en donde la zona semidensa pasó a una zona densa. Es posible que esto se deba al resguardo llevado a cabo por las comunidades indígenas de la zona, las cuales restringieron el acceso a la tala desmedida de bosque nativo.

Lo anterior es posible apreciar en la figura 5.7, los cuales corresponden a mapas elaborados a partir de los *shapefiles* del registro de la CONAF, con las actualizaciones del 2006 y 2014.

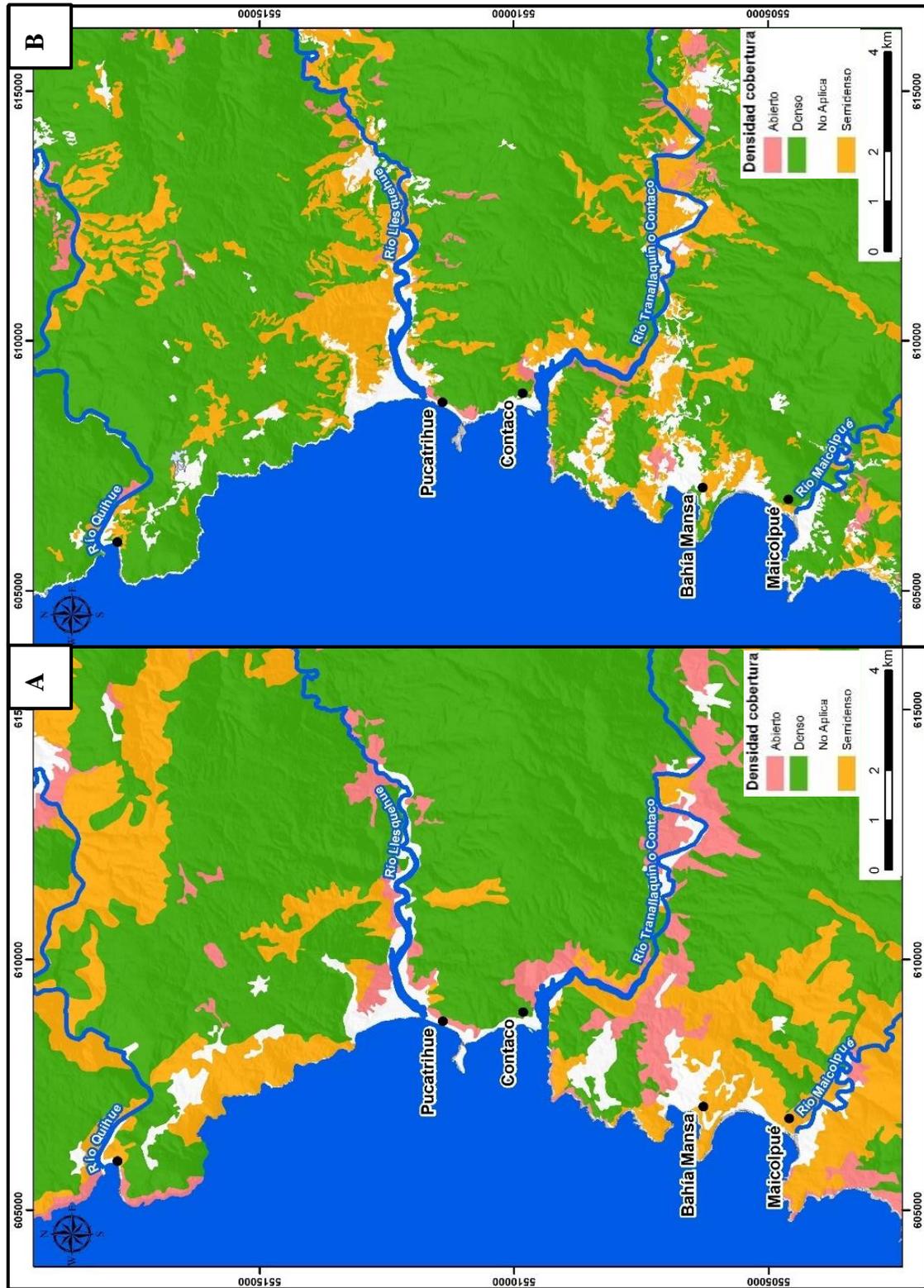


Figura 5.7: Mapas de densidad de cobertura. A) Mapa densidad de cobertura, *shapfiles* extraídos desde la base de datos CONAF (2006). B) Mapa densidad de cobertura, *Shapfiles* extraídos desde la base de datos CONAF.

Al expandir el área hasta las cuencas hídricas, utilizando los mismos *shapefiles* del 2006 y 2014 de CONAF, fue posible observar cambios en la cabecera del río Tranallanquín o Contaco con un aumento de las plantaciones forestales (figura 5.8, anexo III.A y anexo III.B). Esto último podría ser perjudicial a largo-mediano plazo debido al requerimiento del recurso hídrico de los monocultivos (Huber *et al.*, 2010; Álvarez-Garretón *et al.*, 2019; Galleguillos *et al.*, 2021).

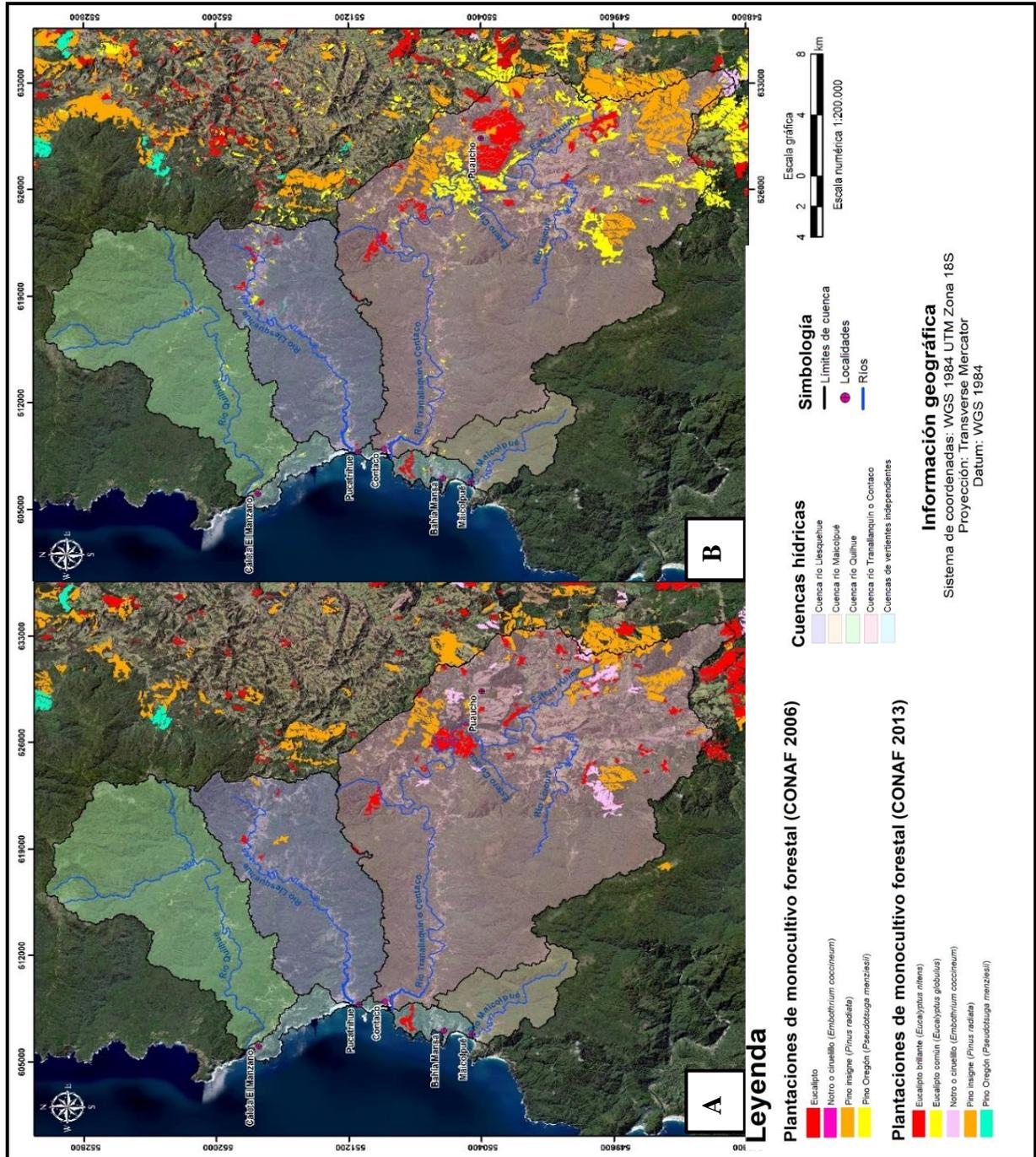


Figura 5.8: Mapas de monocultivos en registro de CONAF 2006 (A) y 2014 (B). Elaborado a partir de *shapefiles* CONAF.

5.5.2. Registro del tipo de suelo CIREN (2012) desde el SIMEF

Esta información se extrajo desde el visor Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF) corresponde al proyecto ejecutado por Instituto Forestal (INFOR) y financiado por el fondo mundial para el medio ambiente (GEF), en el cual el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) participó como co-ejecutor entre 2016-2020. La información extraída desde esta plataforma corresponde al mapa de la figura 5.9, en el cual se indican los tipos de suelo para el área de estudio.

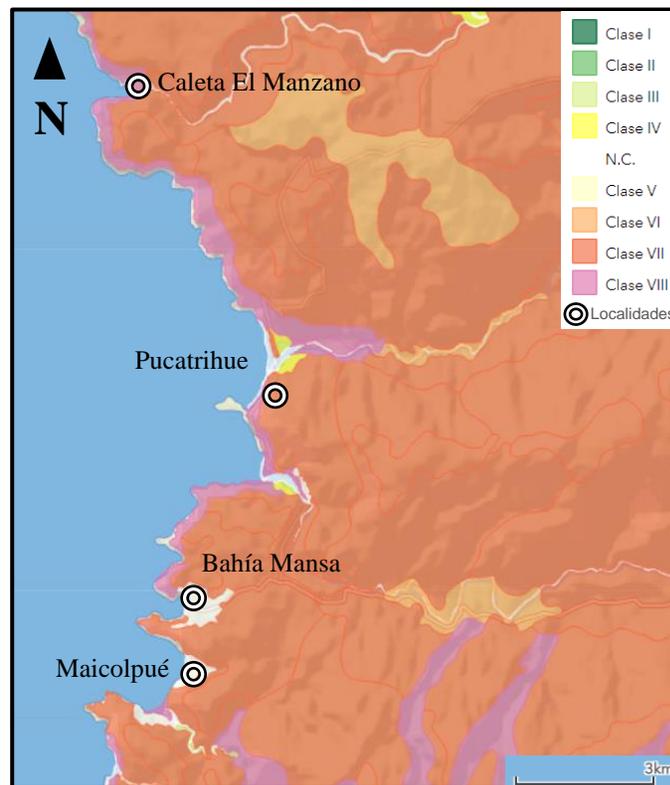


Figura 5.9: Mapas de capacidad de uso de suelo. N.C: No Cumple. Fuente: Elaborado a partir de *shapefiles* de SIMEF (2022).

Como se observa en la figura 5.9, en el área de estudio predomina suelo “clase VII, el cual corresponde a zonas de bosque nativo del tipo siempreverde; con algunos parches de plantaciones forestales. Esto coincide con la capacidad de uso de suelo, ya que el predominio de suelos de tipo VII pueden adaptarse exclusivamente a la explotación ganadera muy restringida, debiendo preferirse conservar los bosques naturales como base de protección del terreno (Herrera & Sandoval, 1973). Esto último se ha resguardado bastante por las comunidades indígenas de la zona.

5.5.3. Análisis de pH del suelo

Debido a la falta de información del pH del suelo actual en el área de estudio, se procedió a realizar un terreno para la recolección de muestras para posteriores análisis por medio de diferentes procedimientos y metodologías.

Los puntos de interés para la recopilación de muestras y análisis de pH fueron seleccionados considerando y comparando; imágenes satelitales, zonas accesibles, puntos de interés vistas en terrenos anteriores y variados usos de suelo extraídos de los *shapefiles* de la CONAF 2014. Siendo los puntos de recolección de muestras indicadas en la figura 5.10.

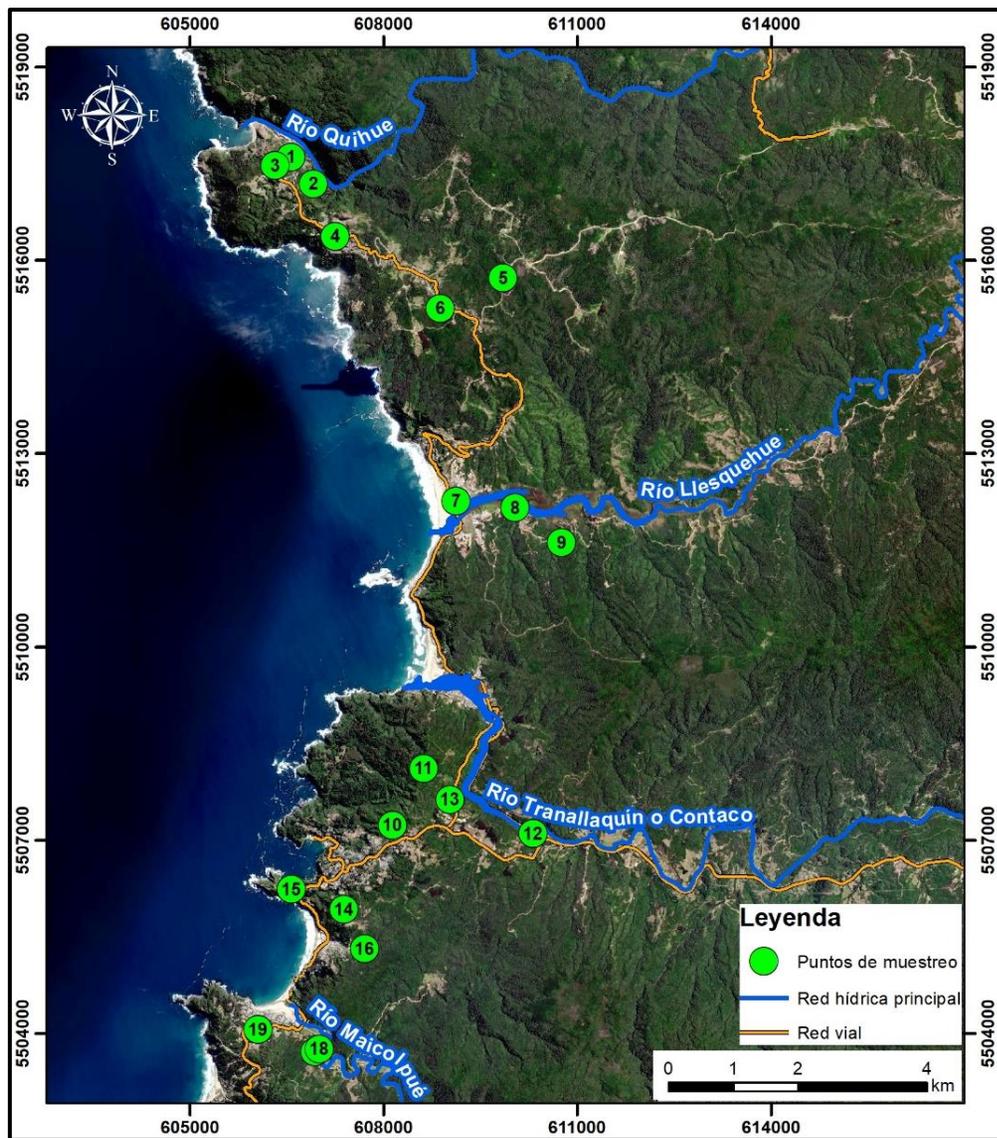


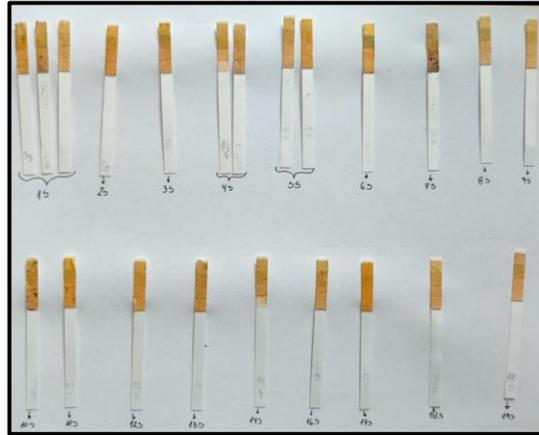
Figura 5.10: Mapas de ubicación de puntos de muestreo de suelo. Fuente: Elaboración propia.

Al considerar lo antiguo de los *shapefiles* de la CONAF del 2014, era presumible que los usos de suelo actuales difirieran. Estas diferencias se describen en la tabla 5.13, donde la columna “Uso de suelo CONAF 2014” señala lo descrito en la base de datos CONAF, “Uso de suelo terreno” corresponde a lo visto en el terreno al momento del muestreo y “Observaciones” son acotaciones de las características particulares del suelo.

Tabla 5.13: Descripción puntos de muestreo para análisis de pH. Fuente: Elaboración propia.

N°	Uso de suelo CONAF 2014	Uso de suelo terreno	Observación
S1	Plantación (<i>Eucalyptus nitens</i>)	Plantación Eucalipto	Primera plantación, edad de 15 años. Rodeado por bosque nativo. Pastos y arbustos en el suelo.
S2	Bosque nativo denso (renoval Canelo)	Bosque nativo	
S3	Matorral Arborescente	Pradera	Pradera sin árboles cercanos, clastos de líticos metamórficos (filita) y cuarzo.
S4	Plantación (<i>Eucalyptus nitens</i>)	Plantación Eucalipto	Sin vegetación en el suelo. A 10 cm profundidad suelo cambia de color no por humedad. Clastos de un 70% de cuarzo y un 30% de líticos metamórficos.
S5	Límite entre bosque nativo (renoval Canelo) y matorral pradera semidenso	Mallín	Suelo con predominio de finos (arcillas y limos), abundancia de raíces finas.
S6	Bosque nativo denso (renoval Canelo)	Bosque nativo	Abundancia de raíces, suelo húmedo, no se observan clastos.
S7	Límite entre plantación (<i>Pinus radiata</i>) y praderas perennes	Estuario, Bosque de pino	En el suelo no hay vegetación, solo se observan hongos, y ramas de pino.
S8	Praderas perennes	Estuario, humedal	Arena de color gris-blanquecina, tamaño arena gruesa. Qz>>líticos metamórficos>micas.
S9	Bosque nativo denso (renoval Canelo)	Bosque nativo	Suelo húmedo. Sin clastos tamaño grava, color del suelo marrón.
S10	Bosque nativo semidenso (renoval Mirtaceas)	Bosque nativo con intervención	Pocos pastos, abundancia de helechos. Color del suelo café, predominio de finos, sin clastos.
S11	Plantación (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Bosque mixto (nativo y eucalipto)	Abundancia de raíces, bosque que rodea a la plantación hay arrayán, olivillo y canelos.
S12	Bosque nativo denso (adulto siempreverde)	Bosque nativo	Abundante musgo. Suelo café negruzco, húmedo, tamaño arena fina a gruesa, clastos de mayor tamaño son de 0,5 cm.
S13	Matorral denso	Estero	Abundante materia orgánica. Roca metamórfica a pocos cm.
S14	Bosque nativo semidenso (renoval Canelo)	Bosque nativo	Mucha hojarasca, raíces delgadas, poca iluminación.
S15	Matorral pradera semidenso	Matorral limpio	Predominio de quilas y pasto, costado del camino.
S16	Bosque nativo semidenso (renoval Mirtaceas)	Estero en bosque nativo	Abundante musgo en el suelo y raíces finas. Clastos de 1-6 cm, líticos metamórficos y cuarzós.
S17	Bosque nativo denso (renoval Canelo)	Bosque nativo	Suelo húmedo, tamaño de arena fina a arcilla, color café.
S18	Praderas perennes	Pradera	Clastos metamórficos de media 3 cm. Suelo húmedo, color café marrón. Se uso colador.
S19	Bosque nativo denso (renoval Mirtaceas)	Bosque nativo rodeado de casas	Suelo tamaño arena. Abundante contaminación urbana (plásticos, zapato).

El pH del suelo fue analizado con tres metodologías, descritas en el capítulo 1.4, “1.4.4.2 Análisis de pH en suelo”. La primera en terreno, utilizando tiras de papel tornasol de marca MERCK (fotografía 5.1). La segunda a 3-4 días posteriores a la recolección de muestras, en el laboratorio bajo condiciones estándar (presión y temperatura controlados), con un peachímetro modelo “HANNA HI 9126” (lab_1). La tercera aplicando la metodología de Sadzawka (2006) con las muestras secas a temperatura 35 °C, con peachímetro modelo “HANNA HI 9126”. Los valores resultantes están indicados en la tabla 5.14.



Fotografía 5.1: Tiras de papel tornasol MERCK usadas para análisis de pH en terreno.

Tabla 5.14: Valores finales de pH con diferentes métodos de medición. pH lab_1: Metodología modificada de Sadzawka (2006); pH lab_2: metodología muestras secas de Sadzawka (2006); S8_D duplicado; error es la resta entre lab_2 con lab_1 para evaluar variación entre las mediciones de pH en laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

N°	pH terreno	pH lab 1	T° lab 1 (°C)	pH lab 2	T° lab 2 (°C)	Error
S1	5	5,06	21,2	5,40	22,7	0,34
S2	5	5,33	23,6	5,33	22,6	0,00
S3	4-5	5,75	23,4	5,92	22,5	0,17
S4	4	4,46	23,4	4,28	22,7	-0,18
S5	5	6,12	22,8	5,52	23,2	-0,6
S6	4 - 5	4,78	23,9	4,50	23,5	-0,28
S7	5	4,83	24,6	4,82	22,9	-0,01
S8	5	6,03	25,0	5,93	22,6	-0,1
S8_D	5	-	-	6,01	22,9	-0,02
S9	4 - 5	5,88	24,0	5,11	22,6	-0,77
S10	4	5,43	24,5	5,34	23,0	-0,09
S11	5	4,90	23,0	4,92	22,4	0,02
S12	5	5,53	23,5	5,30	23,2	-0,23
S13	4 - 5	5,33	23,8	5,12	22,8	-0,21
S14	5	4,93	24,5	4,83	23,0	-0,1
S15	5	6,24	24,7	6,23	22,9	-0,01
S16	4-5	5,02	24,6	4,93	23,2	-0,09
S17	4-5	4,76	25,7	4,80	23,6	0,04
S18	4-5	5,00	25,4	5,05	23,3	0,05
S19	5	5,40	26,4	5,53	23,3	0,13

Los valores de pH con tiras de tornasol coincidieron con los valores de laboratorio para los rangos de 4 a 5, pero no para los valores de 6 o mayor. Los valores de pH con las dos metodologías medidas en laboratorios indicaron variaciones mínimas, en su mayoría son disminuciones del pH (leve acidificación de las muestras). Los resultados fueron agrupados según uso de suelo observado en terreno; pero los rangos resultaron amplios y similares entre sí, en donde las plantaciones indican un pH de 4,3 a 5,4, las praderas un rango de 4,8 a 6,2 y los bosques nativos 4,8 a 5,5. Estos rangos según la clasificación de Sierra (1982) y Rivera *et al.* (2018), tendrían un rango de acidez de fuerte a moderadamente ácidos.

Posteriormente los puntos de muestreo fueron plasmados en mapas con los resultados de pH del laboratorio, en donde la figura 5.11.A son los resultados con la primera metodología (Lab_1) y la figura 5.11.B con los valores del segundo (Lab_2). Esta visualización facilitó comparar los usos de suelo actuales con los resultados de pH. Mapas ampliados en anexo III.C y anexo III.D.

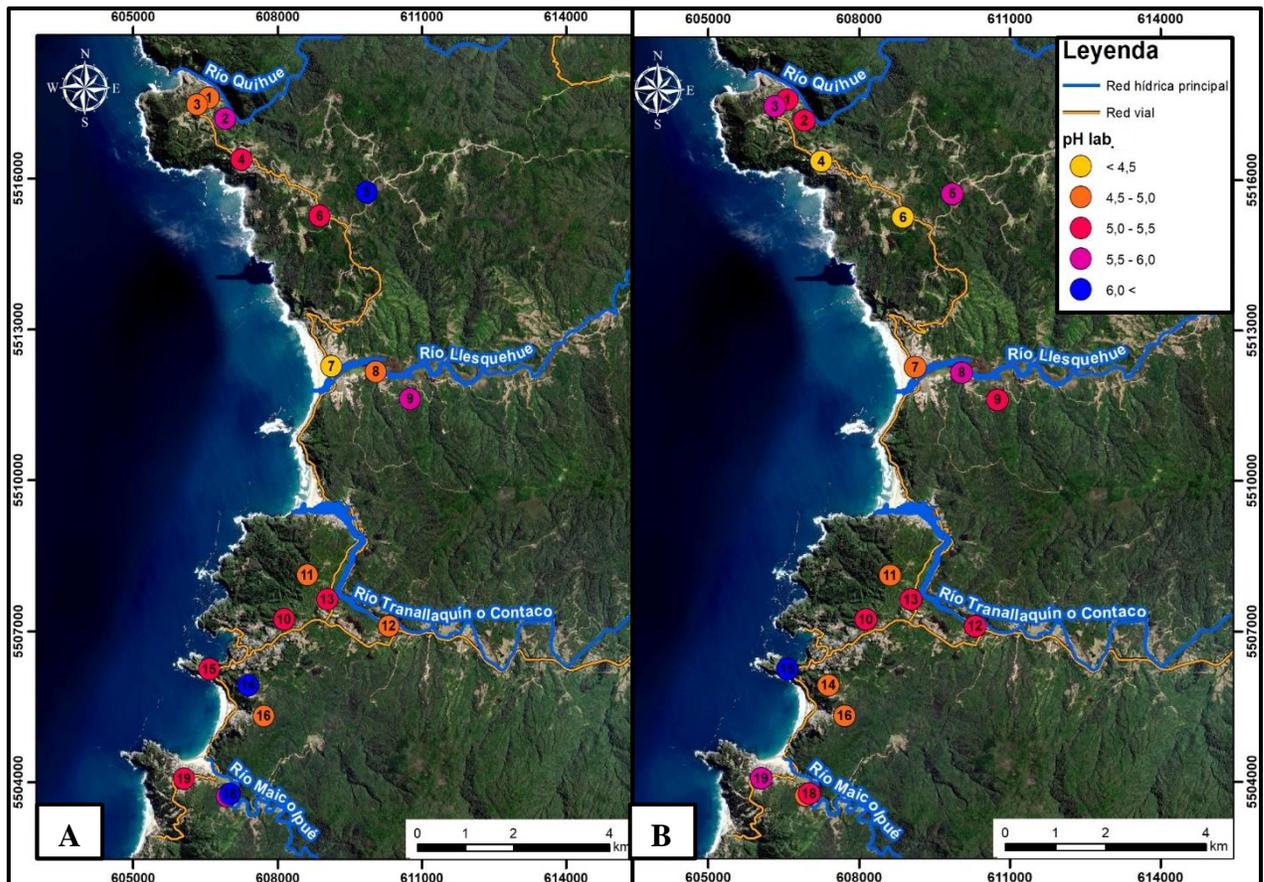


Figura 5.11: Mapa con distribución de puntos pH en zona de recolección de muestras. A) distribución de valores pH_Lab_1. B) Distribución de valores pH_Lab_2. Fuente: Elaboración propia.

5.6. Parámetros geomorfológicos

5.6.1. Erosión en cárcavas

La erosión en cárcavas se reconoce como incisiones efecto de la acción hídrica y por ende son dependientes del clima. Si bien, son más comunes en climas semiáridos y suelos estériles, se pueden ver potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras (Díaz *et al.*, 2012). Esto último es el caso en el área de estudio, en donde debido a la abundante vegetación es compleja la exploración de estas estructuras en imágenes satelitales, pero sí fue posible de observar en terreno (figura 5.12).

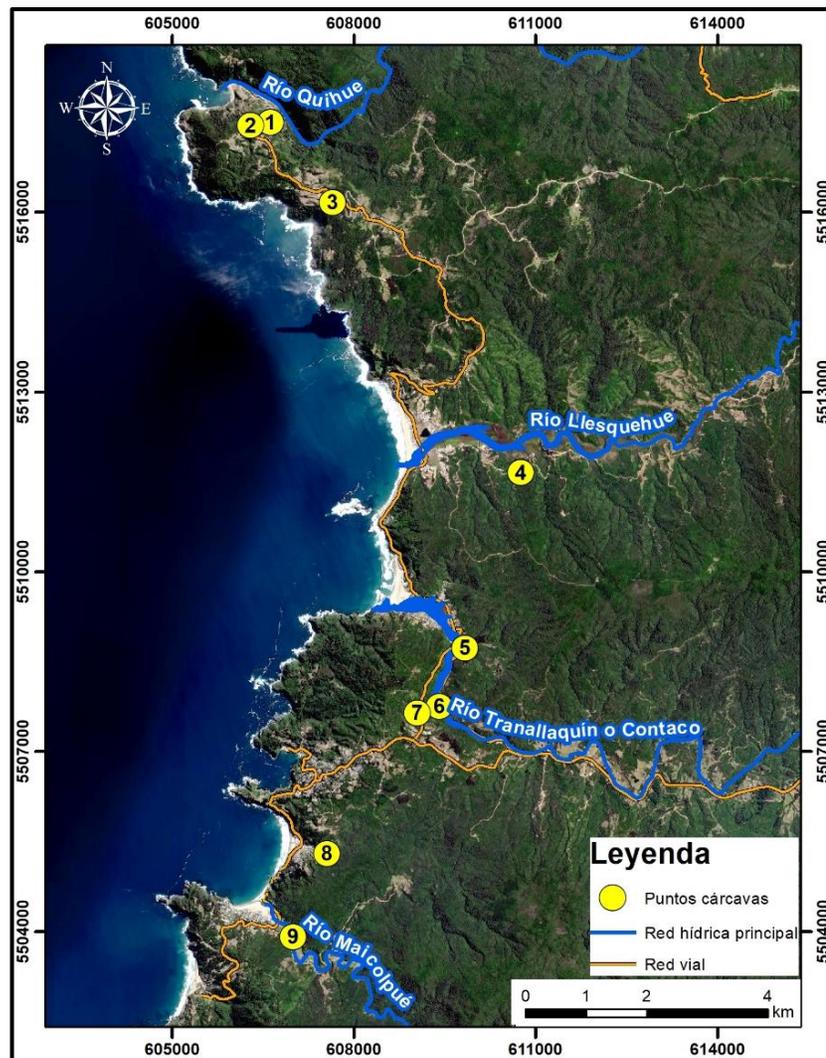


Figura 5.12: Ubicación de cárcavas observadas en terreno. Fuente: Elaboración propia.

En terreno se localizaron nueve cárcavas con las siguientes características:

- 1) Cárcava en camino rural, sedimentos tamaño grava, pendiente del camino aproximadamente de 30°. El camino podría haber favorecido el desarrollo de esta cárcava al canalizar el recurso hídrico (lluvias y/o vertientes cercanas al camino).
- 2) Cárcava a un costado de un camino rural (sedimentos tamaño grava a arena gruesa), continua por un costado hasta al pie del cerro (fotografía 5.2), canaleta natural, situación similar a cárcava (1), sin embargo, a menor escala (dimensiones menores).
- 3) Cárcava que atraviesa el camino principal de Caleta El Manzano y predio privado (fotografía 5.3). Dueño del predio comenta que hay un flujo de agua de mayo a noviembre. No fue posible medir en su totalidad debido a la gran envergadura de la cárcava (más profunda que ancha). El camino rural no canalizó el flujo hídrico como en las cárcavas (1) y (2).
- 4) Cárcava en camino rural, sedimentos tamaño arena y finos (arcillas y limos), se presume que el camino favoreció la canalización del flujo hídrico. Frecuente uso de pobladores locales (leñeros), es probable que el camino este sujeto a constantes reparaciones a corto y mediano plazo.
- 5) Múltiples cárcavas de escasas dimensiones (anchos y profundidad de medidas de centímetros) a un costado de camino privado, en un talud artificial (fotografía 5.4).
- 6) Posible cárcava vista desde el mirador del río Tranallanquín o Contaco, forma de U (más ancha que profunda). No fue posible medir en terreno por falta de accesos.
- 7) Cárcava con abundante cobertura vegetal de tipo matorral denso. No fue posible medir en su totalidad por terreno abrupto y cobertura vegetal muy densa.
- 8) Cárcava en un relleno de camino (talud artificial). Ladera muy vertical con una pendiente de 50° aproximadamente.
- 9) Pradera a un costado del río Maicolpué, uso de suelo agrícola-ganadero, forma de U (más ancha que profunda), se observa un suelo tamaño arcilla y limos (fotografía 5.5).

En general las cárcavas observadas en terreno están influenciadas por: la acción hídrica (canales o flujos de agua naturales, son de gran envergadura y presentan cobertura vegetal), acción antrópica (caminos rurales que canalizan y/o redirigen la red hídrica secundaria) y el tipo de suelo (tamaño grava, forma cárcavas profundas y tamaño finos en forma de U).



Fotografía 5.2: Cárcava (2), en camino rural.
Cinta métrica amarilla 50 cm.



Fotografía 5.3: Cárcava (3) que atraviesa predio privado y camino principal.



Fotografía 5.4: Múltiples cárcavas en talud artificial (5).



Fotografía 5.5: Cárcava (9), en predio privado con praderas.

Las cárcavas de los puntos (3), (6) y (7) al no ser posible medir en terreno sus dimensiones totales (solo medidas de segmentos a los que se tuvo acceso), se utilizó el programa “ArcMap 10.5” e imágenes georreferenciadas de alta resolución descargadas desde *SAS Planet* para obtener un aproximado de sus largos totales, ancho de cabecera y ancho de base, mismo método utilizado por Rivera *et al.* (2013). Las dimensiones registradas en terreno y las medidas obtenidas con imágenes satelitales fueron descritas en la tabla 5.15, la columna de segmentos con ancho/altura representa a medidas realizada a perfiles transversales a la cárcava debido a su gran dimensión o por dificultades para acceder a la cabecera y/o base de la cárcava.

Tabla 5.15: Recopilado de medidas de cárcavas en terreno. En negro las medidas obtenidas en terreno y medidas obtenidas desde imágenes satelitales con números de color azul. Fuente: elaboración propia.

N°	Largo total (m)	Ancho cabecera (m)	Altura cabecera (m)	Ancho base (m)	Altura base (m)	Segmentos con ancho/altura (m)
1	63,15	0,5	0,15	0,60	0,50	
2	27,3 511,0	0,15	0,10	0,0	0,0	
3	84,01 210,3	24,3	5,2	2,0	2,8	9,0/3,5
4	18,0	0,40	0,20	0,37	0,05	0,34/0,18 0,60/0,17
5	5,0	0,15	0,3	0,0	0,0	
6	69,7	6,8	1,5	3,1	0,5	
7	72,0 272,5	29,2	2,0	15,8	1,5	5/1,5 20/2
8	8,5	0,6	0,4	0,8	0,3	
9	37,7	5,9	1	38	2,5	0,04/0,9

Al calcular el volumen de suelo perdido (VPS) y el índice de disección (ID) se utilizó la metodología propuesta por Toledo (2013) –descrito en el capítulo 1.4 en la sección “1.4.4.3 Exploración y análisis de cárcavas” –. Los valores finales con los procedimientos presentados por Toledo (2013), son expresados en la tabla 5.16.

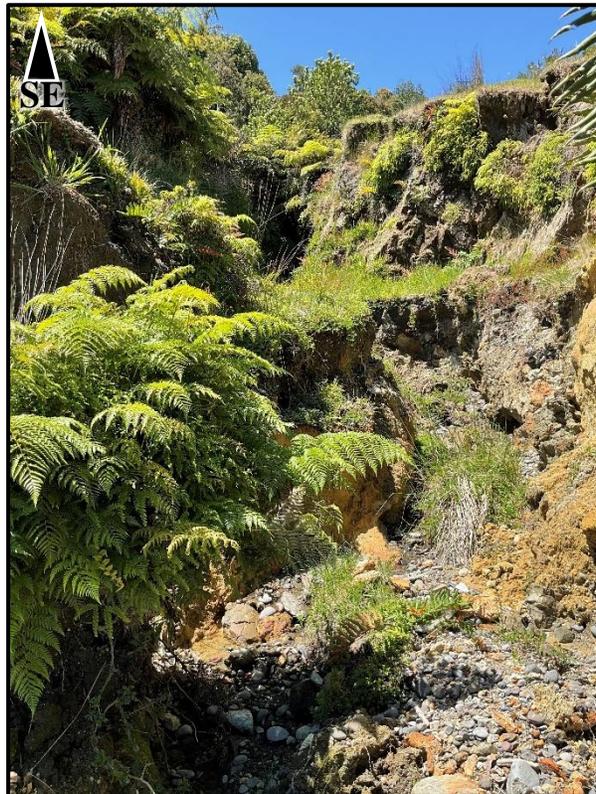
Tabla 5.16: Resumen de cálculo de volumen de suelo perdido (VSP) e índice de disección (ID). Fuente: Elaboración propia.

N°	Volumen de suelo perdido (m³)	Índice de disección	Categoría para ID
1	11,3	2,0	Moderado
2	7,7	2,0	Moderado
3	1.1061,8	2,1	Moderado
4	0,9	2,0	Moderado
5	0,1	2,0	Moderado
6	345,0	2,1	Moderado
7	10.729,7	2,1	Moderado
8	2,1	2,1	Moderado
9	1.448,2	2,7	Moderado

El volumen de pérdida varía dependiendo de la ubicación de la cárcava (a lo largo del camino, pradera con ganadería, montaña, etc.). Todas las cárcavas presentaron un índice de disección en la categoría de moderado, por lo que se define que el estado en desarrollo de las cárcavas observadas en terreno es moderado, junto con un volumen de suelo perdido de aproximadamente 23.606 m³. Esto es de interés, ya que, al ser una zona con un gran desarrollo de cobertura vegetal nativa, era esperable un impacto menor en el índice de erosión acelerada y en el volumen de suelo perdido.

Esto último al compararlo con los *shapefiles* de erosión correspondientes al registro del CIREN actualizado el 2010, de erosión actual extraídos desde el SIMEF (figura 2.6), los cuales indican en sus registros del 2010 un predominio de zonas de erosión no aparente, seguido de zonas de erosión ligera y moderada, esto indica un posible aumento en las áreas afectadas por erosión en los últimos 10 años.

Junto con lo anterior, de acuerdo con lo observado en terreno, la presencia de cobertura vegetal no es un indicador de ausencia de erosión acelerada, ya que en la zona hay cobertura vegetal abundante, es más factible que retrase el proceso de erosión, pero no lo frena (fotografía 5.6).



Fotografía 5.6: Cárcava permanente con régimen hídrico discontinuo. Al costado del camino U-302, sector de Caleta El Manzano. Cárcava 9.

6. DISCUSIÓN: RELACIÓN ENTRE COMUNES Y PARÁMETROS BIO-GEO-FÍSICOS

6.1. Generalidades

En este capítulo se discute los posibles vínculos entre las variaciones registradas en los parámetros, según el ambiente o repositorio en los cuales están inmersos, durante las últimas seis décadas, considerando que el rango temporal varía de acuerdo con la base de datos revisada.

Estos parámetros se vincularon con los cambios percibidos por la comunidad en el estado de los bienes comunes más relevantes para la misma (descritos en el capítulo 4).

6.2. Parámetros fluviales y atmosféricos-meteorológicos (común: recurso hídrico)

Para facilitar la comprensión de la discusión y la vinculación entre parámetros bio-geo-físicos centrados en el común del recurso hídrico, se elaboró la tabla 6.1, en la cual se indica los resultados más significativos obtenidos en los capítulos anteriores.

Tabla 6.1: Resumen de parámetros bio-geo-físicos o metodología aplicada y su tendencia predominante respecto al común recurso hídrico. Fuente: Elaboración propia.

Título del apartado	Parámetros bio-geo-físicos o metodología	Influencia	Tendencia predominante
Microcuencas	Elaboración de microcuencas con uso de Ráster TanDEM	Falta de registros de estudio a nivel de microcuenca	Reducción de las áreas definidas por la DGA
Caudal, precipitaciones y temperaturas	Caudal río Tranallanquín o Contaco (fuente DGA)	Aumento en las plantaciones de monocultivo en la cabecera de la microcuenca. Disminución en las precipitaciones	Disminución
	Precipitaciones	Variabilidad climática, cambios en la frecuencia y cantidad de lluvias	Disminución
	Temperaturas	Variabilidad climática, cambios en las T° máximas y T° mínimas	Aumento
Calidad del agua	pH hídrico y estudios anteriores (bibliográficos)	Contaminación, o errores en la medición	Disminuye, leve acidificación de las aguas
Presión atmosférica	Presión atmosférica	Acotado rango temporal de los datos	Aumento en la frecuencia de eventos anómalos

6.2.1. Microcuencas

El recurso hídrico se estudió a nivel de microcuencas –obtenidas a partir del ráster de elevación (TanDEM)–. A esta escala, se pudo determinar que las redes hídricas que desembocan en área de estudio son independientes entre sí (cinco microcuencas), esto dificulta su análisis hídrico, atribuyendo más características y parámetros en zonas más acotadas, requiriendo de una red de monitoreo más extensa para un estudio más integral, específico y representativo.

Debido a lo anterior, los registros de la DGA que consideran cuencas a sub-subcuencas –que son a mayor escala que las microcuencas–, presentan una red de monitoreo que no abarca todas las microcuencas del área en estudio, ya que solo hay una estación de monitoreo de la DGA para variables fluviales y cuatro estaciones meteorológicas (de las cuales solo dos están vigentes), las cuales están ubicadas solo en la cuenca del río Tranallanquín o Contaco, mientras que las otras microcuencas no hay información gubernamental disponible. Esto conlleva a que solo se pueda realizar un análisis fluvial y pluvial a la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco.

6.2.2. Caudal y precipitaciones

Los registros de la DGA evidencian una disminución en el caudal del río Tranallanquín o Contaco de aproximadamente $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ desde el año 2000 hasta el 2022, siendo más evidente esta disminución en invierno desde mediados del 2010. Esto afecta a la población de la localidad de Bahía Mansa, ya que, es la principal fuente de abastecimiento del Agua Potable Rural (APR).

Debido a la extensión espacial de la cuenca, tipo de suelo y lo acotado de la red hídrica, se presume que su principal recarga es por precipitaciones. Esta suposición coincide con la disminución en las precipitaciones desde el 2001 registrados por la DGA, CR² y DGAC, pero difiere del rango temporal entre 1973 al 1978 en donde la tendencia era al alza. Esta variación en las precipitaciones corresponde a una menor cantidad en el registro diario de precipitaciones, pero de mayor intensidad, lo que podría desencadenar y/o favorecer los eventos de riesgos geológicos como las remociones en masa, anegamientos e inundaciones.

Junto con lo anterior, la construcción de viviendas en zonas de alta pendiente, suelos de sedimentos no consolidados (o rocas metamórficas muy meteorizadas), y una precaria regularización de permisos de construcción, podrían llevar a desencadenar eventos catastróficos.

Otro posible factor que podría contribuir a la disminución del caudal del río es la acción antrópica en la microcuenca hídrica, por medio del aumento en las plantaciones de monocultivo en la cabecera de la cuenca. Si bien, el registro de la CONAF esta desactualizado (2014), es posible observar este aumento de las áreas de plantaciones entre el 2006 al 2014, y según lo comentado por los pobladores, más lo examinado en terreno, estas áreas efectivamente han aumentado, principalmente en la cabecera de la microcuenca como en las zonas aledañas a la localidad de Puaucho. Esto podría tener efecto en la disponibilidad (cantidad) del recurso hídrico, debido a que las plantaciones de monocultivos de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) y pinos (*Pinus radiata*), aumentan la evapotranspiración, lo que conlleva a una disminución en el contenido hídrico del suelo (Huber *et al.*, 2010; Álvarez-Garretón *et al.*, 2019; Galleguillos *et al.*, 2021).

El rango temporal de estos datos (1973 al 2021), permite descartar que se deba a fenómenos climáticos anómalos como el ENOS, ya que este ocurre en rangos temporales anuales y no períodos continuos de una duración de 50 años. También es posible descartar cambios en el efecto del biombo climático (Salazar, 2021), porque este fenómeno está condicionado al relieve de la altura de la Cordillera de la Costa, siendo poco probable que en los último 50 años el relieve haya variado significativamente.

Por lo anteriormente expuesto, es más factible que el cambio en el caudal del río sea debido al fenómeno de la variabilidad climática (variaciones en las precipitaciones, constantes y paulatinas en un amplio rango temporal) y la acción antrópica (aumento en el uso del recurso hídrico por aumento de pobladores en el área de estudio).

Respecto a las temperaturas registradas por la DGAC/DMC y el SHOA –rango temporal de los datos del 2011 al 2022–, independiente de la ubicación de las estaciones, ya sea en la cabecera de la microcuenca o en la zona litoral, no registraron cambios significativos en las temperaturas medias. Sin embargo, si se registraron tendencias al alza en las temperaturas máximas en toda la microcuenca, además de una leve alza en las temperaturas mínimas en la estación de la DGAC/DMC Bahía Mansa desde el 2017 al 2022. Esto último contrasta con lo registrado por la estación del SHOA en donde predomina una tendencia a la disminución de las temperaturas mínimas en el rango temporal desde el 2011 al 2022. Esta disyuntiva en las tendencias se puede deber a la diferencia del rango temporal –DGAC/DMC del 2017 al 2022 y SHOA del 2011 al 2022–, y/o a problemas técnicos al momento de registrar los valores en la red de monitoreo.

6.2.3. Calidad del agua

El río Tranallanquín o Contaco como también los otros ríos en el área de estudio, presentaron un pH no apto para consumo potable según la norma NCh 409/1 (2005), pero sí para apto para el riego. Estos valores de pH son levemente menores a los pH obtenidos por Chacón (2021), los cuales al ser levemente mayores si cumplían con la norma con un pH de 6,92 (muy cercano al límite de la norma que exige un pH de 6,5 a 8,5).

La discrepancia se atribuye a posibles problemas puntuales en la calidad del muestreo y/o a las muestras, ya que las condiciones del río varían según la temperatura de muestreo, día y hora de extracción de muestras, entre otros. Por lo que, los resultados no son totalmente representativos, sin embargo, sirven para tener una noción de la calidad de las aguas del río.

Otro resultado de mediciones puntuales de calidad de agua de los años 2018-2020 en el río Tranallanquín o Contaco, analizados en el trabajo de Chacón (2021), evidencian que se excede el rango límite aprobado por la norma chilena NCh N° 409/1 (2005) en las concentraciones de hierro, Coliformes Totales y *Escherichia coli*.

6.2.4. Presión atmosférica

La base de datos de la DGAC/DMC evidencia faltas o vacíos de información en el rango temporal desde el 2017 al 2022, estos datos registrados están corregidos al nivel o elevación de la estación o aeródromo. A diferencia del registro del SHOA, el cual cuenta con una base de datos sin vacíos de información, un rango temporal mayor (2011 al 2022), y una comparación de esta variable entre tres puertos costeros cercanos (fuera del área de estudio), aunque no especifica si estos datos están corregidos.

En la base de datos del DGAC/DMC hay similitudes en las variaciones de presión atmosférica, tanto en el área costera de la cuenca –estación “(1) Bahía Mansa”, como también para la cabecera de la microcuenca –estación “(4) Huacamapu”–, evidenciado un aumento en la frecuencia de los eventos con altas y bajas presiones atmosféricas.

Respecto a los registros del SHOA, también se observó un comportamiento similar en los tres puertos costeros en estudio (Bahía Mansa, Corral y Queule), aumentado la extensión espacial para este parámetro –variaciones en las presiones atmosféricas–. Por esta razón, es posible aplicar la

siguiente conjetura en la zona litoral desde Bahía Mansa hasta Queule: el aumento en la frecuencia de eventos de altas y bajas presiones –según con el registro desde el 2011– podría implicar un aumento en la cantidad de días con cielos despejados (ocasionalmente con nieblas) y una disminución de días con precipitaciones. Cabe destacar, que los eventos de precipitación fueron más intensos, como se evidencia en los *peaks* de las gráficas estudiadas, a mediados del 2015, 2017 y 2020.

La vinculación de los cambios de presiones atmosféricas y el clima es explicada por Ledesman (2011), en donde las zonas y períodos con elevadas presiones producen anticiclones en donde el aire se condensa y desciende, provocando buen clima con cielos despejados y ocasionales nieblas. En cambio, los períodos con bajas presiones forman borrascas que se acompañan con un calentamiento del aire, el cual asciende y produce nubes y precipitaciones.

6.2.5. Recomendaciones respecto al recurso hídrico

De acuerdo con los antecedentes recopilados, se recomienda ampliar la red de monitoreo de los principales ríos en la zona litoral, considerando un análisis a las tres microcuencas de mayor envergadura que desembocan en el área de estudio. Siendo las zonas de mayor interés las siguientes:

- Cabecera de la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco, zona que ha evidenciado un importante cambio de uso de suelo de bosque nativo a plantaciones de monocultivo.
- La microcuenca del río Maicolpué, la cual es la responsable de abastecer al APR de dicha zona.
- La microcuenca del río Quihue, la cual ha presentado un aumento en la cantidad de viviendas rurales, junto con pozos negros a un costado del río en los últimos 10 años.

Junto con lo anterior, el monitoreo de agua potable debería enfocarse en la calidad del recurso hídrico (análisis de pH, concentraciones de hierro, *Escherichia coli*, etc.) y no solo en la cantidad del recurso hídrico (caudal del río y concentración de precipitaciones).

Finalmente, tal como lo propuesto por la comunidad, se recomienda fortalecer la concientización y la difusión de información a la comunidad –principalmente a los turistas–, sobre el cuidado y resguardo del recurso hídrico tanto de vertientes como también de los ríos, con la finalidad de

disminuir posibles puntos de contaminación (pozos negros a un costado del río) y no desperdiciar agua innecesariamente, como el uso de prolongadas duchas, no reutilización de las aguas de tinaja (con su respectivo proceso de filtrado y desinfección).

6.3. Parámetros oceanográficos (común: mariscos y algas)

Para el océano se consideraron tanto registros de condiciones físicas marinas por medio de “boyas” proporcionadas por el SHOA, como también la base de datos extraídos desde de *Copernicus Marine Service* con los productos GOMB y GOPR. Siendo los valores entregados por el SHOA más exactos para valores locales, debido a que son datos registrados *in situ* a diferencia de la base de datos resultante de una simulación matemática.

Para facilitar la comprensión de la discusión y la vinculación entre parámetros bio-geo-físicos centrados en el océano y los bienes comunes mariscos y algas, se elaboró la tabla 6.2, en la cual se indica los resultados más significativos obtenidos en los capítulos anteriores.

Tabla 6.2: Resumen de parámetros bio-geo-físicos o metodología aplicada y su tendencia predominante respecto al común mariscos y algas. Fuente: Elaboración propia.

Título del apartado	Parámetros bio-geo-físicos o metodología	Influencia	Tendencia predominante
Temperatura (T°)	TSM	Variabilidad climática	Aumento en las T° máx. y disminución en las T° mín. en Bahía Mansa
	T° potenciales del fondo marino	Variabilidad climática, corrientes marinas	Disminución
	T° atmosférica media o T° del aire	Variabilidad climática	Aumento en las T° máximas en Bahía Mansa.
Nivel del mar	Nivel del mar	Subsistencia local, junto con procesos erosivos en la costa de Bahía Mansa	Alzamiento en Bahía Mansa.
Nitratos, fosfatos, sílice y hierro	Nitrato, fosfatos y sílice	Procesos de eutroficación en la costa	Aumento
	Hierro	Fenómeno global de la disminución de hierro	Disminución
Variables biológicas microscópicas	Clorofila, producción primaria de biomasa y concentración molar de fitoplancton	Columna de agua con características eutróficas, turbulentas y parcialmente mezcladas	Aumento
Otras variables	pH	Acidificación de los océanos	Disminución
	Oxígeno disuelto	Procesos de eutroficación en la costa	Sin una tendencia significativa, pero con <i>peaks</i> anómalos
	Salinidad (PSU)		Sin una tendencia significativa
Productividad	Registro de SERNAPESCA	Aumento en la comercialización de productos marinos	Aumento

6.3.1. Temperatura

Hernández (2002) describe la temperatura superficial del mar (TSM) como una variable importante para el estudio de la variabilidad climática, como uno de los principales predictores del fenómeno El Niño u Oscilación del Sur (ENOS). Pero con la información proporcionada por el SHOA no es posible determinar los períodos afectados por el fenómeno ENOS, ya que, para esto es necesario definir las “anomalías mensuales”, las cuales se obtienen al restar el valor observado y el valor histórico (SHOA, 2022), y como dentro de la base de datos recopilada para este estudio no fue posible encontrar una base de datos con valores históricos fiables a escala local y del rango temporal completo (1960 al 2022). Por lo tanto, no fue posible realizar la estimación de los períodos temporales que fueron afectos por el fenómeno de El Niño a partir de la base de datos recopilada para este estudio.

La TSM registrada por el SHOA en las tres estaciones en estudio (Bahía Mansa, Corral y Queule), indican una variación similar entre los años 2011 y 2021, en lo que se refiere a las temperaturas extremas. Esta variación corresponde a un aumento en las temperaturas máximas y una disminución en las temperaturas mínimas en las tres estaciones, es decir, en los últimos años se han registrado temperaturas máximas mayores que en años anteriores, además de registrar temperaturas mínimas menores.

En cambio, al analizar las tendencias de los valores promedios de las TSM anuales de cada estación, los datos de Bahía Mansa contrastan de las otras estaciones de Corral y Queule, indicando una leve tendencia al alza y no a la disminución, como es el caso en las estaciones al norte del área en estudio.

La tendencia al alza registrada en Bahía Mansa también contrasta con las temperaturas potenciales del fondo oceánico y agua marina obtenidas con el producto GOPR, los cuales reflejan una tendencia predominante a una disminución de temperaturas en la zona costera del área de estudio, con períodos anormales en 1998 y 2008.

Esta diferencia entre las tendencias puede deberse a la diferencia de los rangos temporales –SHOA del 2011 al 2022 vs GOPR del 1993 al 2020–. Además, los valores de la simulación son extraídos de zonas más alejadas de la costa, en cambio los valores del SHOA son de mediciones dentro del área de estudio a poca profundidad (0,506 m).

Las variaciones de temperaturas atmosféricas medias –o temperatura del aire– registradas por el SHOA son poco significativas, es decir, sin una tendencia predominante. En cambio, las temperaturas máximas de Bahía Mansa y Corral sí han experimentado alzas con una tendencia pronunciada, esto podría implicar veranos con temperaturas más elevadas en Bahía Mansa durante el 2022, que lo observado en Bahía Mansa durante el 2011 y situación similar en Corral entre el 1999 y 2022.

6.3.2. Nivel del mar

En la base de datos del SHOA (medición usando boyas), se registró un alzamiento local del nivel del mar a la altura de Bahía Mansa entre el 2011 al 2022, considerando el acotado tiempo y asumiendo que no habría cambios eustáticos, el alzamiento podría ser efecto de una subsidencia local (hundimiento del terreno). Esto desencadena procesos erosivos en la costa, disminuyendo la playa y acotando las áreas de recolección de algas desfavoreciendo a recolectores de orilla. Esto podría coincidir con lo planteado por los recolectores de orilla que afirman un cambio en la distribución de las algas características de la zona litoral.

En cambio, las estaciones de Corral y Queule registran una disminución en el nivel del mar. Considerando el acotado tiempo y asumiendo que no habría cambios eustáticos, es probable que se deba a procesos normales de progradación, en donde predomina la acumulación de sedimentos en la costa y se observe un aumento del área de las playas en la zona.

6.3.3. Nitratos, fosfatos, sílice y hierro

Las concentraciones de nitrato, fosfato y sílice indican una tendencia significativa al alza, con las particularidades de que el nitrato evidencia un efecto más acentuado después del 2009, el fosfato sufre un alza pronunciada entre los años 2009 y 2014, y finalmente la concentración de sílice también sufre un alza entre los años 2008 al 2015 seguido de una paulatina disminución del 2016 al 2020. La zona norte en estudio presenta las mayores concentraciones de estos nutrientes, a diferencia de las otras tres zonas que indican tendencias y valores similares entre sí.

Considerando que los valores fueron simulados a la misma profundidad somera (0,506 m), de acuerdo con el trabajo realizado por Elósegui & Orive (1986), se explica que las fluctuaciones de

estos valores son estacionales (diminución en verano y alza en invierno) y disminuyen en primavera atribuido al consumo por el aumento de la densidad de fitoplancton en el área.

El aumento de estas variables podría evidenciar un efecto paulatino y constante de eutroficación en la zona o efectos de surgencia (Graco *et al.*, 2007; Paparazzo *et al.*, 2013; Ochoa, 2017).

La concentración de hierro presenta una leve tendencia general a la disminución, siendo la variable oceánica que presenta mayor diferencia entre los cuatro puntos que se seleccionaron para el análisis, es decir, al comparar las gráficas de los cuatro puntos respecto a su concentración de hierro, todos presentaron un comportamiento diferente con *peaks*, alzas y disminuciones en rangos temporales distintos (lo cual no se observó en las otras variables), por lo que se recomienda que en futuros estudios se analice en zonas más acotadas y locales.

El estudio del comportamiento del hierro en el océano es relativamente nuevo en comparación a los otros nutrientes, pero también se considera un factor limitante en el crecimiento de algas (Rentería & Ortega, 2012).

6.3.4. Variables biológicas microscópicas

Al agrupar las variables vinculadas directamente a procesos biológicos como la clorofila, producción primaria neta de biomasa (Npp_y) y concentración molar de fitoplancton. Estas indican una tendencia al alza desde el 1993 hasta el 2020, siendo la zona norte el sector con las mayores concentraciones. Con salvedades particulares como una leve tendencia más lineal (menores máximos y mínimos en los ciclos) entre el 2000 al 2001 y en el 2012, en la base de datos de la clorofila y un aumento en la frecuencia de las concentraciones máximas después del 2006 en la producción primaria neta de biomasa.

El aumento de estas variables puede asociarse a la columna de agua con características eutróficas, turbulentas y parcialmente mezcladas (Montecinos *et al.*, 2006). El exceso de nutrientes puede favorecer la eutrofización (Elosegi & Sabater, 2009; IPCC, 2014), proceso que corresponde a una proliferación de algas que dificulta el ingreso de luz solar a zonas más inferiores de ecosistemas acuáticos, por lo que la vegetación muere y posteriormente microorganismos (baterías) se alimentan de la materia descompuesta y consumen el oxígeno disponible para especies como peces

y moluscos (hipoxia), además, favorecen la proliferación de algas de carácter tóxico (p. ej. *Alexandrium catenella*) y microorganismos patógenos (IPCC, 2014; Zarza, 2022).

6.3.5. Otras variables (pH, oxígeno disuelto y salinidad –PSU–)

La base de datos de pH generó una pendiente negativa, es decir, los valores de pH han registrado valores cada vez menores, siendo la zona norte del área de estudio la cual presenta los valores más bajos y variaciones más pronunciadas.

Este fenómeno coincide con el proceso denominado “acidificación de los océanos”, el cual se produce debido a un exceso de CO₂ atmosférico que reacciona con el agua de mar formando ácido carbónico, proceso que libera un ión bicarbonato y un ión hidrógeno. Este exceso de iones hidrógeno se une a los iones carbonato libres en el agua, disminuyendo los iones de carbonato cálcico perjudicando a los animales marinos que forman conchas y esqueletos a partir de estas, en casos más extremos las estructuras calcáreas pueden llegar a disolverse (Harrould-Kolieb & Savitz, 2009).

El oxígeno disuelto presenta una tendencia general lineal –casi paralela al eje x–, destacan los rangos temporales de 1997 al 1999, 2006 al 2007 y 2017 al 2018, períodos donde se observan los menores *peaks*. Al comparar estos períodos, coinciden con eventos significativos en la zona de estudio, comentados por la comunidad, siendo estos:

- 1997-1999, fenómeno de “corrientes marinas asesinas” donde se observaron una importante mortalidad de ejemplares bentónicos juveniles, principalmente de jaibas.
- 2007, aumento explosivo del turismo y viviendas.
- 2017, flotamiento de marea roja (Floración de Algas Nocivas –FAN–) al sur de la Región de los Lagos (no directamente en el área de estudio).

A pesar de la coincidencia en los rangos temporales, estos no coinciden con las variaciones en las concentraciones de nutrientes (nitratos y fosfatos), por lo que no se puede asociar directamente a una posible eutrofización que haya desencadenado los procesos de mortalidad marina.

La salinidad (PSU) indica una tendencia general sin cambios significativos (pendiente negativa de 0,000005) y las concentraciones son similares en las cuatro zonas, pero se observó un incremento paulatino entre 1993 y 1997, luego una disminución estable hasta 2007. Desde entonces la PSU se

ha mantenido estable en ciclos periódicos, con un aumento pronunciado en 2008 y una baja en 2017.

6.3.5. Productividad

La productividad, en este trabajo se consideró como la comercialización de recursos marinos. El centro de desembarque más cercano a Bahía Mansa es Osorno, en donde los productos marinos son principalmente comercializados allí.

El registro de Osorno indica un aumento general en la venta de productos marinos, independiente del producto, con énfasis que en el período comprendido entre 1996 y 2000 dominaba la venta de moluscos y peces, la comunidad señaló que son remanentes de la “Fiebre del Loco”. Pero desde el 2009 las algas dominan el comercio, principalmente la venta de cochayuyo (*Durvillaea antártica*) y luga negra (*Sarcothalia crispata*); estas algas anteriormente no presentaban un interés económico o comercial importante, solo siendo un producto que formaba parte del consumo familiar local; actualmente (en el 2022) son considerados alimentos de importancia a nivel nacional e internacional.

A nivel regional hay un aumento paulatino y constante en la explotación de recursos marinos. La comercialización de peces tuvo un aumento entre el 1995 al 2007, luego se mantiene constante hasta el 2022, se presume que esta estabilidad se debe a la implementación de vedas y regularización gubernamental.

Los moluscos dominan el desembarque entre 1979 al 1993, coincidiendo con el tiempo conocido como “Fiebre del Loco”, luego disminuyó hasta el 2003, los pobladores atribuyen que se debió a una disminución en la biota marina y no a que haya disminuida la demanda. Posteriormente al 2003 volvió a incrementar su comercialización de forma constante hasta el 2022.

Al revisar esta base de datos en el rango temporal comprendido entre 1965 al 1978, el estado de los registros era un tanto precario posiblemente por problemas de conectividad, siendo factible que no sean completamente representativos, pero es posible apreciar que en general la explotación de recursos marinos era a una menor escala que la actual y no eran consideradas las algas como un recurso económico, siendo el principal interés los moluscos y no los peces en la Región de los Lagos.

Cabe destacar, que la comunidad ha denunciado en abundantes ocasiones la ocurrencia de sustracción no autorizada de recursos marinos desde la orilla de la playa y desde las AMERB.

6.3.7. Recomendaciones respecto al común mariscos y algas

Se recomienda difundir más información respecto a las variaciones del nivel del mar, ya que estas afectan directamente el área de las playas y estuarios, lo que conlleva a un efecto directo en el hábitat de la biota nativa, como también el grado de riesgo a las viviendas en dichos sectores. Tal como lo evidencian los datos del SHOA, en Bahía Mansa hay una elevación del nivel del mar, lo que disminuye las áreas de recolección de orilla y aumenta el efecto de la erosión marina.

La mayoría de las variables oceanográficas estudiadas por medio de modelos indican elevadas concentraciones en la zona norte del área de estudio (al norte de Caleta El Manzano), por lo que se recomienda que futuros estudios investiguen dicha área, y la zona sur se podrían aplicar modelos de extrapolación, ya que los patrones y tendencias son similares en dichas zonas. La variable oceanográfica que se recomienda estudiar de forma independiente, en áreas acotadas y locales, es la concentración de hierro en el océano.

A pesar de que coinciden los rangos temporales en lo que la comunidad acusa como eventos catastrófico y *peaks* de anomalías en algunas variables oceanográficas, estos no coinciden con las variaciones en las concentraciones de nitratos y fosfatos, por lo que no se puede asociar directamente a una posible eutrofización que haya desencadenado los procesos de mortalidad de recursos marinos durante los eventos catastróficos. Considerando lo anterior, se recomienda ampliar el monitoreo de variables biológicas, nitratos y fosfatos, con la finalidad de poder determinar posibles fuentes de contaminación, que podrían haber desencadenado los eventos de mortalidad marina.

Considerando la productividad y lo denunciado por la comunidad como frecuentes robos y sobrexplotación de recursos marinos, se recomienda una mayor fiscalización por parte de las autoridades en el control de la extracción y venta de estos.

6.4. Parámetros edafológicos y geomorfológicos (común: Bosque nativo)

Para facilitar la comprensión de la discusión y la vinculación entre parámetros bio-geo-físicos centrados en el bosque nativo y riesgos geológicos, se elaboró la tabla 6.3, en la cual se indica los resultados más significativos obtenidos en los capítulos anteriores.

Tabla 6.3: Resumen de parámetros bio-geo-físicos o metodología aplicada y su tendencia predominante respecto al común bosque nativo. Fuente: Elaboración propia.

Título del apartado	Parámetros bio-geo-físicos o metodología	Influencia	Tendencia predominante
pH de suelo	Análisis de pH de suelo con tres metodologías distintas	Abundante cantidad de materia orgánica, abundante lluvia (abundantes en cortos períodos)	Disminución, acidificación de suelos, hay excepciones
Cobertura vegetal y uso de suelo	Análisis de cobertura vegetal a partir de registros de la CONAF	Aumento en la urbanización (mejoras viales y aumento en la construcción de viviendas)	Aumento en las áreas urbanas y plantaciones de monocultivo, junto con una disminución en las áreas de bosque nativo
Erosión	Exploración de cárcavas y registro SIMEF	Aumento en la urbanización y variabilidad climática	Aumento
Riesgos geológicos	Revisión de antecedentes del área (capítulo 2) y observaciones en terreno	Aumento en la urbanización, construcción de viviendas en zonas de riesgo, variabilidad climática, erosión acelerada, cambios extremos en los usos de suelo y pendientes abruptas del área.	Aumento

6.4.1. pH del suelo

Los resultados de análisis de pH del suelo, aplicando tres metodologías distintas, indican el predominio de suelos ácidos a moderadamente ácidos en el área de estudio. Con excepción en las zonas de praderas y sectores aledaños al estuario del Llesquehue donde presentaron valores levemente más neutros, esto podría deberse al uso de fertilizantes nitrogenados de reacción ácida (Bernier & Alfaro, 2006) y la influencia de agua salobre –aporte de carbonatos–, respectivamente.

Respecto a la metodología utilizada para el análisis del pH de suelo, los valores de pH con tiras de tornasol coincidieron con los valores de laboratorio para los rangos de 4 a 5, pero no para los valores de 6 o mayor, por lo que se sugiere como un apoyo preliminar y no se recomienda para estudios de mayor complejidad.

Otros posibles factores que podrían favorecer el pH ácido en estos suelos son según Rivera *et al.* (2018), agricultura intensiva (suelo sin cobertura vegetal facilita el proceso de lixiviación de bases de intercambio), presencia de suelos de ácidos orgánicos de bajo peso molecular (los residuos de la vegetación circundante), actividad microbiana (ácidos fuertes como ácido nítrico y sulfúrico) y concentración de humus (grupos funcionales de tipo carboxílicos, fenólicos, enólicos, etc.).

Considerando lo propuesto por Rivera *et al.* (2018), se consideró el registro de SIMEF el cual indica que el tipo de uso de suelo predominante en el área de estudio es de bosque nativo de tipo siempreverde, con algunos parches de plantaciones forestales (suelos tipo VII), este tipo de suelo solo podría ser destinado a explotación ganadera muy restringida, debiendo ser preferible la conservación de los bosques naturales como base de protección del terreno (Herrera & Sandoval, 1973).

Por lo anteriormente expuesto, la agricultura intensiva en esta zona es poco factible y es más probable que los suelos ácidos se deban a la abundante cantidad de materia orgánica, junto con la abundante lluvia en el área de estudio. Si bien, no hay una clara correlación entre los usos de suelo con el pH resultante, se propone para estudios posteriores comparar esta variable con otros parámetros como tipo de suelo, morfología y dinámica del perfil de suelo, presencia o ausencia de un mantillo –cobertura vegetal o horizonte orgánico–, profundidad de las raíces, textura de la muestra, vinculación con la red hídrica, entre otros (Thiers *et al.*, 2014; Delgado *et al.*, 2017; Ovalle, 2020).

6.4.2. Cobertura vegetal y uso de suelo

La densidad de la cobertura vegetal ha variado entre los años 2006 al 2014, como se observó en registro de la CONAF, destacando las siguientes zonas:

- Las áreas semidensas pasaron a densas en las zonas con resguardo a cargo de comunidades indígenas, lo cual evidencia un cuidado e interés por este bien común.
- En la zona urbana de Choroy-Traiguén –ladera norte del río Llesquehue–, la cobertura vegetal cambio de densa a semidensa. Se presume que es debido al aumento de la urbanización a consecuencia del aumento de viviendas y comercio, este último en períodos de verano por el aumento de turistas.

Otra variable observada en la comparación de los *shapefiles* del 2006 y 2014 de CONAF, fue el cambio de uso de suelo en la cabecera de la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco, pasando de bosque nativo y praderas a plantaciones de monocultivo, esto se condice con lo observado en terreno, especialmente en las zonas aledañas a la localidad de Puaicho.

Los cambios en los usos de suelo extremos como pasar de bosque nativo a zonas urbanas (tala del bosque nativo y construcción de viviendas), junto con las pendientes abruptas características de esta zona, pueden desencadenar efectos acelerantes en la erosión, lo cual ya se observa en el área de estudio.

6.4.3. Erosión

En la base de datos del SIMEF del 2010, hay un predominio de áreas de erosión no aparente y áreas de erosión ligera a moderada aledañas a los ríos principales y zonas urbanas. Al comparar este registro con lo observado en terreno (análisis de cárcavas), las áreas de erosión están centradas en los caminos rurales (red hídrica se desvía por estas rutas), zonas de praderas de uso ganadero y zonas de bosque nativo con elevadas pendientes ($>35^\circ$).

No se observaron indicios de cárcavas en los parches de plantaciones forestales, esto puede deberse a que el cambio de uso de suelo –de bosque nativo a plantación– es reciente y el suelo todavía presenta abundante materia orgánica, previniendo el desarrollo de cárcavas. Además, al considerar el volumen de suelo perdido y el índice de disección la erosión es de categoría moderada, evidenciando un mayor grado de erosión a lo registrado el 2010 por el SIMEF.

Por lo tanto, los cambios de usos de suelo extremos como pasar de bosque nativo a zonas urbanas (tala del bosque nativo y construcción de viviendas), junto con las pendientes abruptas características de esta zona, pueden desencadenar efectos acelerantes en la erosión, lo cual ya se observa en el área de estudio, evidenciado en los cambios desde 2010 (SIMEF) hasta el 2022.

Otro factor relevante es la erosión marina en la línea de costa. Con la base de datos del SHOA (medición por medio de boyas), se registró un alzamiento del nivel del mar, en el sector de Bahía Mansa entre el 2011 y el 2022, lo cual podría ser efecto de una subsidencia local (hundimiento del suelo), esto desencadena procesos erosivos en la costa, disminuyendo áreas de la playa, acotando las áreas de recolección de algas desfavoreciendo a recolectores de orilla.

6.4.4. Riesgos geológicos

En el área de estudio, el registro de riesgos geológicos es escaso (tal como se describe en el capítulo 2.4), lo cual es contradictorio considerando la envergadura de remociones en masa registrados y el impacto repostado de las tormentas (marejadas), eventos que requieren de mejoras constantes en las viviendas y caminos, tanto públicos como también rurales.

El riesgo de la ocurrencia de remociones en masa, en las zonas más pobladas del área en estudio es muy elevado, considerando los siguientes factores:

- Aumento poco regulado de la urbanización, según lo acusado por pobladores.
- Construcción de viviendas en zonas propensas a inundaciones, tal como se demuestra en el capítulo 2.4 “riesgos geológicos” y la figura 2.7, ya sea por abundantes precipitaciones (desborde del río), marejadas (en tormentas) o un *tsunami* (posterior a un terreno).
- Cambios significativos en el comportamiento de las lluvias, precipitaciones menos frecuentes, pero de mayor intensidad.
- Cambios extremos en los usos de suelo en tiempos acotados.
- Influencia de erosión acelerada –moderada a severa–.
- Pendientes abruptas características de esta zona.

La falta de una legislación adecuada para un conjunto de amenazas naturales (a excepción de terremotos y volcanes, amenazas que si están siendo consideradas actualmente en construcción y planes de vivienda) se traduce en la materialización de construcciones en terrenos expuestos a estos diferentes tipos de riesgos (Lagos *et al.*, 2008; Del campo, 2023).

Por lo que se recomienda en un futuro realizar estudios exhaustivos geológico-estructural en la zona litoral de la comuna de San Juan de la Costa, para limitar la construcción de viviendas en zonas de riesgo y reforzar las zonas ya pobladas.

6.4.5. Recomendaciones respecto al común bosque nativo

Al considerar que no se observó una clara correlación entre el uso de suelo y su pH, se recomienda para estudios posteriores comparar el pH de suelo con otros parámetros como tipo de suelo, morfología del entorno, dinámica del perfil de suelo, presencia o ausencia de un mantillo –

cobertura vegetal o horizonte orgánico–, profundidad de las raíces, textura de la muestra, vinculación con la red hídrica, entre otros. Esto es debido a que algunos autores atribuyen como condicionante de pH a estos factores, dichos autores son Thiers *et al.* (2014), Delgado *et al.* (2017) y Ovalle (2020).

Las bases de datos analizadas, junto con las observaciones en terreno de cárcavas, evidencian el grado moderado de la erosión acelerada en la zona de estudio. Considerando lo anterior, se recomienda preservar las áreas de bosque nativo, limitando la tala de este y fomentando la ampliación de estas zonas con este tipo de suelo, ya que este corresponde a un método efectivo en la limitación de la erosión (Díaz *et al.*, 2012; Delgado *et al.*, 2017; Ovalle, 2020).

El área de estudio presenta una importante concentración de factores de riesgo geológico y factores de vulnerabilidad como la minimización de estos riesgos por la comunidad y disminución de bosques nativos para aumentar la construcción de viviendas, debido a esto se recomienda en un futuro realizar estudios geológicos-estructurales exhaustivos en las zonas más pobladas, para limitar la construcción de viviendas en sectores de riesgo y reforzar las zonas ya pobladas.

6.5. Vinculación del conocimiento local y parámetros bio-geo-físicos

La percepción local (conocimiento local) de los cambios observados en los bienes comunes por la comunidad, fue recopilada por medio de entrevistas personalizadas y cartografía participativa (capítulo 4), permitió orientar la atención en ciertos parámetros tales como:

- Parámetros vinculados a la variabilidad climática para los cambios observados en el recurso hídrico, la comunidad enfatizó los cambios percibidos en las precipitaciones y temperaturas. Si bien, efectivamente los registros de la DGA y DGAC, coinciden con lo referente a las precipitaciones, pero no así con los cambios registrados en las temperaturas, además la comunidad no ha notado cambios en la cantidad de agua del río, pero si en su calidad, los cuales coinciden con los análisis hídricos de este trabajo y Chacón (2021).
- Cambios en la biota marina, la comunidad acusa una disminución en la cantidad y calidad de los recursos marinos, y lo atribuyen a la sobreexplotación de estos recursos en las últimas décadas (“Fiebre del Loco”). Esto coincide con los registros de SERNAPESCA, en los que figura un aumento en la comercialización de estos productos y dichos valores continúan aumentando hasta el 2022.

- Los eventos catastróficos vinculados a mortalidad de especies marinas juveniles presentan coincidencias con algunos parámetros bio-geo-físicos, pero no con los parámetros de los nutrientes (nitrato y fosfato), por lo que, si estos estuviesen vinculados, no tendrían una relación directa con los procesos de eutroficación.
- Interés de pobladores y comunidades indígenas en resguardar las áreas de bosque nativo, han permitido la protección de dichas áreas. En cambio, en las zonas más pobladas, se solicita una mayor urbanización con el fin de mejorar la calidad de vida y fomentar el desarrollo económico vinculado actividad turística, esto implica una reducción de uso de suelo vinculado al bosque nativo, construcción de viviendas y mejoramiento de la red vial, lo que esto podría contribuir al incremento en la erosión, inundaciones y remociones en masa.

Junto con lo anterior, esta información también evidenció la falta de preocupación y normalización por parte de la comunidad, ante la posible ocurrencia de riesgos geológicos (derrumbes, inundaciones durante tiempos de marejada, anegamientos, etc.), construcción de viviendas en zonas no aptas (casas en laderas con taludes poco estables, instalación de pozos negros a un costado del río, entre otros) y la falta de medidas e iniciativas para controlar la erosión acelerada en la zona (ausencia de medidas de contención de cárcavas).

A partir de este trabajo se deduce que la percepción o conocimiento local de los cambios observados en los bienes comunes, entrega una guía para destacar cuales de estos son de mayor interés e importancia para la comunidad. Además, evidencia cuales son las principales falencias en la determinación de prioridades para esta misma y las posibles causas que la comunidad atribuye a los cambios observados en los bienes comunes.

Un aspecto relevante en la información recopilada desde la bibliografía (bases de datos, registros nacionales y estudios ambientales), es que contiene un acotado rango temporal y varía considerablemente según la variable en estudio. Esto podría deberse a una actualización tardía en los instrumentos de medición, como es el caso de la base de datos nacionales (gubernamentales) SHOA, DGA y DGCA, y el lanzamiento de los satélites con los cuales se elaboraron los productos GOPR y GOMB. A raíz de lo anterior, no es posible conocer las condiciones ambientales exactas hace seis décadas. Pero es factible considerar o enfatizar los períodos relevantes propuestos por la

comunidad, sirviendo como una variable cualitativa para enfocar la búsqueda en rangos temporales más específicos.

Otra limitación es la extrapolación de los datos realizada por las bases de datos gubernamentales, como la definición de cuencas hídricas a sub-subcuencas de la DGA, las cuales no consideran el análisis por microcuencas, lo que limita los recursos gubernamentales en la implementación de monitoreo hídrico a los ríos principales del área, esto último debería ser fundamental considerando que los principales APR de las localidades más pobladas se abastecen de dichos ríos. Esto conlleva a que el análisis realizado por dichas entidades no es del todo representativo, en lo referente al impacto de la variabilidad climática (p. ej. estudios de evapotranspiración y escorrentía de las lluvias) y posibles factores de contaminación (p. ej. construcción de pozos negros a un costado del río).

En retrospectiva, por medio de una revisión de antecedentes bibliográficos, bases de datos nacionales (gubernamentales), bases de datos internacionales y observaciones en terreno, fue posible determinar un aproximado del estado de los bienes comunes con un enfoque más integral. Con ello, este trabajo busca entregar antecedentes e información sobre cuáles son los parámetros que efectivamente podrían tener incidencia en el estado de los principales bienes comunes de la zona, con los cuales se podrían implementar, en futuros planes de gobernanza, medidas como la implementación de planes de orientación para el cuidado y preservación de recursos hídricos (dirigido principalmente a turistas y canalizado por lugareños), planes de cuidado como la inducción a turistas sobre el uso consciente del recurso hídrico, preservación de suelos por medio de mecanismos de contención de cárcavas, y/o fiscalización en los controles de recolección por “afuerinos” de recursos marinos y/o malas prácticas en la cosecha de algas y fomentar la preservación de áreas de bosque nativo (mecanismo para contener la erosión acelerada).

Además, este trabajo otorga un análisis más integral de que parámetros bio-geo-físicos podrían estar sujetos los bienes comunes, estableciendo puntos clave en la gestión de una gobernanza más participativa (involucrar diferentes actores de diferentes sectores económicos y sociales) y eficiente (buscar la prevención y no reparar los daños).

6.6. Recomendaciones respecto las condiciones de información y utilización del conocimiento local

Considerando las limitaciones en la información hídrica disponible, se recomienda la implementación de una red de monitoreo a nivel microcuenca (tanto fluvial, pluvial y análisis de factores de riesgo para la salud como estudios de *Escherichia coli*), en los ríos que abastecen de agua potable a las localidades más pobladas, siendo las zonas de interés la cabecera de la microcuenca del río Tranallanquín o Contaco, río Maicolpué y río Quihue.

Para la implementación de futuros puntos de muestreo de calidad de agua, se recomienda consultar a la comunidad sobre puntos con posibles focos de contaminación y zonas de abastecimiento comunes. Cabe mencionar que, debido a la abundancia de vertientes, un número considerable de pobladores consumen agua que no es proveniente de una APR.

Debido a los cambios en el nivel del mar registrados por el SHOA, se propone difundir información referente a este parámetro, con el fin de concientizar y reducir la construcción de viviendas a la orilla de la playa (susceptibles a inundaciones y marejadas), y prevenir accidentes durante la faena de recolección de orilla como consecuencia de la posible desestabilidad del terreno por erosión marina en la costa.

Se recomienda estudios biológicos y oceanográficos en la zona norte de Caleta El Manzano, debido a las anomalías observadas por los productos GOPR y GOMB. Con énfasis en los parámetros de variables biológicas microscópicas, nutrientes (nitratos y fosfatos), sílice, pH del mar y oxígeno disuelto (O₂).

Solicitar un aumento en la fiscalización de la extracción de recursos marinos, para limitar la explotación de especies marinas sin vedas (p. ej. cochayuyo), y fomentar la protección de estos bienes comunes.

Difundir información a través de medios de comunicación (radio, redes sociales) respecto a los posibles riesgos geológicos de la zona, planes de evacuación y elaborar medidas para limitar la construcción de viviendas en zonas propensas a riesgos como laderas, zonas de humedal y sectores de orilla de la playa.

Solicitar estudios geológico-estructurales en zonas más pobladas, para así gestionar futuras medidas de resguardo y limitar urbanización sin regularizaciones apropiadas. Junto con lo anterior, elaborar un registro sobre la frecuencia y zonas afectadas de desastres naturales como remociones en masa, inundaciones, marejadas, entre otros. Esto permitirá delimitar y resguardar las zonas más propensas a estos eventos naturales.

La elaboración de un canal más directo entre actores clave del territorio (p. ej. dirigentes sociales, municipalidad, Servicio País, sindicato de recolectores de orilla, pescadores artesanales, etc.), y así promover las mesas de diálogo, para la creación e implementación de medidas de preservación y cuidado de los bienes comunes, además de fomentar una urbanización más responsable (planes de gobernanza más participativa y eficiente).

7. CONCLUSIONES

A partir del conocimiento local, los bienes comunes más relevantes en la zona costera de la comuna de San Juan de la Costa son el recurso hídrico, algas, mariscos y bosque nativo. Estos se agruparon junto a los parámetros bio-geo-físicos que condicionan el tipo de ambiente del cual dependen para su estudio.

Se evidencia falta de información en las bases de datos nacionales e internacionales, al considerar la escala de trabajo del área en estudio (microcuenca en la zona terrestre y el sector litoral centro-sur de la comuna para análisis de parámetros oceanográficos). Esto último dificultó la recopilación de información, por lo cual se aplicó una dinámica integral ambiental del territorio, siendo relevante el relato de los pobladores para la reconstrucción temporal del estado de los comunes, para así determinar los cambios y la evolución de los parámetros bio-geo-físicos que los condicionan.

En el ambiente marino se registran variaciones mínimas en las temperaturas (TSM, fondo marino, agua marina y del aire). Por el contrario, los nutrientes (nitrato y fosfato) y variables biológicas indican una posible eutroficación y aumento de turbidez en zonas aledañas al área de estudio. Otras variables como el pH y Fe indican un comportamiento similar a la situación global (acidificación y disminución de Fe de los océanos). En general, estas variables no explican por sí solas la paulatina disminución descrita por los pobladores, en el volumen y cantidad de biota marina desde los años 90. Los períodos anómalos registrados en algunas de las variables estudiadas presentaron variaciones en sus períodos estacionales. Estos últimos coinciden con lo acusado por la comunidad denominados como eventos catastróficos, contaminantes y/o perjudiciales. Tales como el fenómeno de “corrientes marinas asesinas” ocurrido entre 1997 al 1999, cambios en el comportamiento de las precipitaciones –lluvias abundantes del 1999 al 2002 y variabilidad climática evidente desde 2017– y aumento explosivo en la demografía desde 2006 al 2022. La actividad productiva vinculada a la explotación de recursos marinos posiblemente tiene un efecto directo en los cambios en la biota marina, ya que esta actividad ha mostrado un incremento desde 1965 hasta 2022.

Los registros hídricos de la cuenca del río Tranallanquín o Contaco indican una disminución en el caudal del río. Las causas podrían ser la disminución en las precipitaciones –más pronunciada desde el 2010– y al aumento de plantaciones forestales de monocultivo en la cabecera de la microcuenca.

La calidad del agua del río podría encontrarse comprometida, siendo posible el riesgo en su consumo (pH inferior a la norma NCh 409/1, pero sí es apto para el riego).

A pesar del predominio de las abundantes áreas de bosque nativo (tipo siempreverde), los cambios de usos de suelo extremos, junto con las pendientes abruptas características de esta zona y el aumento en la urbanización de los últimos años, contribuyen a los efectos acelerantes en la erosión, como lo evidenciado en el aumento en la envergadura y número de cárcavas.

La posibilidad de un aumento en la ocurrencia de remociones en masa en las zonas más pobladas es elevada, debido al incremento en la urbanización y baja fiscalización por parte del municipio; precipitaciones menos frecuentes, pero de mayor intensidad; cambios extremos en los usos de suelo; influencia de erosión acelerada; y pendientes abruptas características de esta zona.

El estudio de pH del suelo indica un predominio de suelos ácidos a moderadamente ácidos en el área de estudio. Esto probablemente se deba a la gran cantidad de materia orgánica y abundantes precipitaciones. Hay zonas con un pH levemente más neutro, estas son praderas y sectores aledaños al estuario del Llesquehue. Se atribuye al uso de fertilizantes y a la influencia de aguas salobres, respectivamente. No hay una clara correlación entre los usos de suelo con el pH resultante.

Al analizar la información recopilada, fue posible determinar algunas variaciones del estado de los bienes comunes, que parámetros bio-geo-físicos podrían condicionar dicho estado y demostrar la importancia de una gestión más participativa en la gobernanza de estos bienes comunes. Con ello es posible entregar antecedentes y recomendaciones acordes a la comunidad, como la implementación de planes de orientación para el cuidado y preservación de recursos hídricos (dirigido principalmente a turistas y guiado por lugareños), preservación de suelos por medio de mecanismos de contención de cárcavas, fiscalización en la recolección de recursos marinos y/o malas prácticas en la recolección de algas y fomentar la preservación de áreas de bosque nativo.

Finalmente, para mejorar la calidad en la información disponible se recomienda aumentar el monitoreo hídrico a escala de microcuenca, principalmente enfocado en los parámetros fluviales, pluviales y calidad del agua (riesgos asociados a la salud). Junto con proponer un estudio geológico-estructural en las zonas más pobladas, para prevenir riesgos geológicos (p. ej. remociones en masa, inundaciones, anegamientos, entre otros), y la elaboración de un registro de frecuencia y zonas afectadas por eventos naturales.

8. REFERENCIAS

- AGUALONGO, D.E. & GARCÉS, A.C. 2020. El nivel socioeconómico como factor de influencia en temas de salud y educación. *Revista Vínculos*. Vol. **5** (2): 19-27.
- AGUILERA, F. 1992. El fin de la tragedia de los comunes. *Ecología Política*. N°3: 137-145.
- AGUIRRE, L.; HERVÉ, F. & GODOY, E. 1972. Distribution of metamorphics facies in Chile. *Kristallinikum*. Vol. **9** (1): 7-19. Praga.
- ÁLVAREZ, A.; GRECO, C. & MCCALL, M. 2019. Saberes y percepciones locales sobre los paisajes arqueológicos: experiencias de cartografía participativa en Yocavil (noroeste argentino). *Boletín Antropológico*. Vol. **37** (97): 80-110.
- ÁLVAREZ-GARRETÓN, C.; LARA, A.; BOISIER, J.P. & GALLEGUILLOS, M. 2019. The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. *Forests*. Vol. **10**: 18 pp.
- ALZATE, D.; ROJAS, E.; MOSQUERA, J. & RAMÓN, J. 2015. Cambio climático y variabilidad climática para el período 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, norte de Santander – Colombia. *Revista Luna Azul*. N° 40: 127-153.
- ARENAS, F.; LAGOS, M. & HIDALGO, R. 2010. Los riesgos naturales en la planificación territorial. Centro de Políticas Públicas UC. N° 39, Vol. **5**: 11 pp.
- ARGEÑAL, F.J. 2010. Variabilidad climática y cambio climático en Honduras. Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 84 pp.
- AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA. 2004. Consultoría PM-20, Plan Maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias de Lota y Coronel, VIII región. Resumen Ejecutivo. Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Públicas. 41 pp.
- BAUER, C.; BLUMM, M.; DELGADO, V.; GUILOFF, M.; HERVÉ, D.; JIMÉNEZ, G.; MARSHALL, P. & MCKAY, T. 2021. Protección de la naturaleza y una nueva constitución para Chile: Lecciones de la doctrina del Public Trust. The Chile California Conservation Exchange (CCCX), un programa del Chile California Council. 30 pp. https://chile-california.org/wp-content/uploads/2021/05/LECCIONES-DEL-PUBLIC-TRUST_compressed.pdf.
- BERNIER, V. & ALFARO, M. Acidez de los suelos y efectos del encalado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín INIA. N° 151: 46 pp. Osorno.
- BERTZ, G.; KRON, W.; LOSTER, T.; RAUCH, E.; SCHIMETSCHKE, J.; SCHMIEDER, J.; SIEBERT, A.; SMOLKA, A. & WIRTZ, A. 2001. World Map of Natural Hazards – A

Global View of the Distribution and Intensity of Significant Exposures. *Natural Hazards*. Vol. **23**: 443-465.

- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE (BCN). 2021. San Juan de la Costa, Reporte Comunal 2021. https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2021&idcom=10306.
- BOSHELL, J.F.; LEÓN, G.E. & PEÑA, A.J. 2011. Metodologías para generar y utilizar información meteorológica a nivel subnacional y local frente al cambio climático. Serie manuales / manual N° 4. Programa AACC, Países Andinos 2010-2013. 142 pp. Perú.
- BRACERAS, I. 2012. Cartografía participativa: herramienta de empoderamiento y participación por el derecho al territorio. Curso 2011/2012. Máster en Desarrollo y Cooperación Internacional. Universidad País Vasco. 55 pp.
- BRAVO-ESPINOSA, M.; MEDINA-OROZCO, L.; SERRATO-BARAJAS, B.; MENDOZA, M.E. & SÁENZ-REYES J.T. 2012. La erosión en cárcavas en la subcuenca de Cointzio, Michoacán: Características, impacto y control. Contribuciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. INIFAP-Campo Experimental Uruapan. UNAM-Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental: 187-197. Morelia, Michoacán, México.
- BROCHIER, T.; ECHEVIN, V.; TAM, J.; CHAIGNEAU, A.; GOUBANOVA, K. & BERTRAND, A. 2013. Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. *Global Change Biology*. Vol. **19**: 1841-1853.
- BUYTAERT, W.; CUESTA-CAMACHO, F. & TOBON, C. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography*. Vol. **20** (1): 19–33.
- CARTES, G. 2020. Aplicación del Programa SIRSD-S en Suelos Agropecuarios del Sur de Chile. Ministerio de Agricultura, Oficina de Estudio y Políticas Agrarias (ODEPA). 17 pp.
- CARVAJAL, K.G. & GÓMEZ, C.A. 2016. Efecto de la aplicación de cal dolomita sobre el pH del suelo y rendimiento de sorgo sureño en suelos de uso agrícola, Zamorano, Honduras. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. 22 pp. Zamorano, Honduras.
- CASALÍ, J.; LÓPEZ, J.J. & GIRÁLDEZ, J.V. 1999. Erosión por cárcavas efímeras en el sur de Navarra (España): Descripción y cuantificación. *Ingeniería del Agua*. Vol. **6** (3): 251-258. <https://doi.org/10.4995/ia.1999.2789>
- CASAS, M.C & ALARCÓN, M. 1999. Meteorología y clima. Universidad Politécnica de Cataluña (eds.): 162 pp. España.

- CASTILLA, J.C. 2015. Tragedia de los recursos de uso común y ética ambiental individual responsable frente al calentamiento global. *Acta bioethica*. Vol. **21** (1): 65-71. Santiago.
- CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED) & UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). 2015. The Human Cost of Weather Related Disasters 1995-2015. 30 pp. Ginebra y Brussels.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN). 2000. Estudio Agrológico de la Provincia de Osorno - X Región. Descripción de suelos, materiales y símbolos [en línea]. 147 pp. Santiago. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/40301>.
- CHACÓN, M.J. 2021. Análisis del funcionamiento del programa de Agua Potable Rural (APR) ante problemas de abastecimiento y ausencia de saneamiento en la zona sur de Chile: Caso del APR de Bahía Mansa. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniera Civil. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil (Inédito): 110 pp. Santiago.
- CHENG, L.; ABRAHAM, J.; HAUSFATHER, Z. & TRENBERTH, K. E. 2019. How fast are the oceans warming?. *Science*. Vol. **363**: 128–129.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL) & ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE). 2016. Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile 2016. 273 pp. Santiago.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). 2009. La economía del cambio climático en Chile: síntesis. Naciones Unidas, Santiago de Chile. 88 pp. Santiago.
- COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA). 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe final. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geofísica. 63 pp. Santiago.
- CRESPO, S. 2021. La importancia del contexto socio-económico en la gestión de los recursos naturales en Latinoamérica. Tesis doctoral, Programa de Doctorado Recursos Naturales y Gestión Sostenible, Departamento de Zoología, Universidad de Córdoba: 169 pp. España.
- CROUCH, R.J. & BLONG, R.J. 1989. Gully sidewall classification: Methods and applications. *Zeitschrift Fur Geomorphologie*. Vol. **33** (3): 291-305.
- CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J. 1996. Chapter 3: Landslide types and processes. Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council. Turner A.K. & Schuster R.L. (eds.). 678 pp. Washington D.C.
- CRUDEN, D.M. 1991. A simple definition of a Landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. N° 43: 27-29. Paris.
- DEL CAMPO, F. 2023. Necesidad de actualización de las normas jurídico-administrativas de

gobernanza de la zona costera, en relación con el principio de democracia ambiental y al derecho de participación. Tesis para optar al título de licenciado en derecho. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (Inédito). Concepción.

- DELGADO, M.I.; GASPARI, F. & SENISTERRA G. 2017. Respuesta a la infiltración en distintos complejos suelo-vegetación en las sierras de Ventania, Argentina. *Revista de Tecnología*. Vol. **16** (1): 157-168.
- DÍAZ, V.; MONGIL, J.; NAVARRO, J. & RAMOS, I. 2012. Erosión en cárcavas: una revisión de los efectos de los diques forestales. Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) 2012. 29 pp.
- DÍAZ-NAVEAS, J. & FRUTOS, J. 2010. *Geología Marina de Chile*. Comité Oceanográfico Nacional de Chile - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN). 115 pp. Valparaíso, Chile.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL (DGAC). 2022. Ficha estación 400033, "San Juan de la Costa, Bahía Mansa". Dirección Meteorológica de Chile - Servicios Climáticos.
<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/informacion/fichaDeEstacion/400033>
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2007. Manual de normas y procedimientos del departamento de conservación y protección de recursos hídricos de la DGA. 182 pp.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA). 2021. Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de la región de los lagos. Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos (DCPRH) - DGA. S.D.T. N° 435. Santiago, Chile.
- DRÉVILLON, M.; FERNANDEZ, E. & LELLOUCHE, J.M. 2022. Global Ocean Physical Multi Year product. Copernicus Marine Service. DOI: <https://doi.org/10.48670/moi-00021>.
- DUHART, P.; MCDONOUGH, M.; MUÑOZ, J.; MARTIN, M. & VILLANEUVE, M. 2001. El complejo metamórfico de bahía Mansa en la cordillera de la Costa del centro-sur de Chile (39°30'-42°00'S): Geocronología K-Ar, ⁴⁰Ar/³⁹Ar y U-Pb e implicancias en la evolución del margen sur-occidental de Gondwana. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **28** (2): 179-208. Santiago.
- ELOSEGI, A. & SABATER, S. 2009. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Primera edición. Fundación BBVA. 444 pp. España.
- ELÓSEGUI, A. & ORIVE, E. 1986. Variación en la concentración de nutrientes en la bahía de Plencia durante la transición invierno-primavera. *Kobie (Serie Ciencias naturales)*. N° 15: 207-216.
- EMERGENCY EVENTS DATABASE (EM-DAT). 2019. The Emergency Events Database. Brussels, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Universidad Católica de Lovaina. www.emdat.be.

- ERRÁZURIZ, A.M.; CERECEDA, P.; GONZÁLEZ, J.I.; HENRÍQUEZ, M. & RIOSECO, R. 1998. Manual de Geografía de Chile, Tercera Edición actualizada. Editorial Andrés Bello: 443 pp. Santiago, Chile.
- ESPINOSA, C. & ARQUEROS, M. 2000. El valor de la Biodiversidad en Chile, aspectos económicos, ambientales y legales. *Fundación Terram*. 99 pp. Santiago.
- EUROPEAN ACADEMIES' SCIENCE ADVISORY COUNCIL (EASAC). 2018. Extreme Weather Events in Europe. Preparing for Climate Change Adaptation: An Update on EASAC's 2013 Study. EASAC policy report. N° 22: 7 pp.
- FARÍAS, A.; TECKLIN, D. & PLISCOFF, P. 2004. Análisis del avance hasta la fecha en la definición de las áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en la Región de los Lagos. WWF Chile, Programa Ecorregión Valdiviana. N° 8: 22 pp. Valdivia, Chile.
- FIGUEROA, P. 2014. Variabilidad de las precipitaciones (1965-2012) en Chile centro-sur (33,9°S-41,6°S) mediante índices estadísticos y temporales de la irregularidad. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Pregrado, Carrera de Geografía (Inédito): 96 pp. Santiago.
- FLORES-XOLOCOTZI, R. 2015. Bienes comunes. Un manifiesto, Ugo Mattei, Madrid, Trotta, 2013. *Polis: investigación y Análisis Sociopolítico y Psicosocial*. Vol. **11** (1): 205-212.
- FUENZALIDA, R.; SCHNEIDER, W.; BLANCOS, J.L.; GARCÉS-VARGAS, J. & BRAVO, L. 2007. Sistema de corrientes Chile-Perú y masas de agua entre Caldera e Isla de Pascua. *Ciencia y Tecnología del Mar*. Vol. **30** (2): 16 pp. Valparaíso.
- GAJARDO, C. & THER, F. 2011. Saberes y prácticas pesquero-artesanales: cotidaneidades y desarrollo en las caletas de Guabún y Puñihuil, Isla de Chiloé. *Revista de Antropología Chilena, Chungara*. Vol. **43** (1): 589-605.
- GALLEGUILLOS, M.; GIMENO, F.; PUELMA, C.; ZAMBRANO-BIGIARINI, M.; LARA, A. & ROJAS, M. 2021. Disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cauquenes ante el cambio climático y diferentes coberturas de suelo. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Policy Brief. N° 6: 2 pp.
- GARIANO, S.L. & GUZZETTI, F. 2016. Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*. Vol. **162**: 227–252.
- GARRIDO, N. & DERCH, P. 2014. Remociones en masa en Pucatrihue y Maicolpué. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Subdirección Nacional de Geología. 99 pp.
- GARRIDO, N. 2015. Informe Técnico, Remoción en masa en ladera Ruta U-410, Tramo Bahía Mansa - Maicolpué, Comuna de San Juan de la Costa, provincia de Osorno, X Región. IT RM RUTA U-410. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Subdirección Nacional de Geología, Oficina Técnica de Puerto Varas. 5 pp.

- GIL, N.I. & GÓMEZ, J.I. 2019. La cartografía participativa como herramienta para la acción política, dos estudios de caso en espacios rurales y urbanos en Colombia. *Cardinalis*. N° 12: 290-316. Argentina.
- GÓMEZ, A.; SCHNABEL, S. & LAVADO, F. 2011. Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la Península Ibérica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. N° 55: 59-80.
- GÓMEZ, J.; SCHOBENHAUS, C. & MONTES, N.E. 2019. Geological Map of South America 2019. Escala 1:5.000.000. Commission for the Geological Map of the World (CGMW), Servicio Geológico Colombiano y Servicio Geológico de Brasil. París.
- GRACO, M.; LEDESMA, J.; FLORES, G. & GIRÓN, M. 2007. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista Peruana de Biología*. Vol. **14** (1): 117-128. Lima.
- HARDIN, G. 1968. "The Tragedy of the Commons". *Science*. Vol. **162**: 1243–1248.
- HARROULD-KOLIEB, E. & SAVITZ, J. 2009. Acidificación: ¿Cómo afecta el CO₂ a los océanos?. 2ª edición. Informe de Oceana: Protegiendo a los océanos del mundo. 30 pp.
- HATTERMANN, F.F.; VETTER, T.; BREUER, L.; SU, B.; DAGGUPATI, P.; DONNELLY, C.; FEKETE, B.; FLÖRKE, F.; GOSLING, S.N.; HOFFMANN, P.; LIERSCH, S.; MASAKI, Y.; MOTOVILOV, Y.; MÜLLER, C.; SAMANIEGO, L.; STACKE, T.; WADA, Y.; YANG, T. & KRYSNAOVA, V. 2018. Sources of uncertainty in hydrological climate impact assessment: A cross-scale study. *Environmental Research Letters*. Vol. **13**: 14 pp.
- HAUSER, A. 2007. Consideraciones geológicas y geotectónicas de una remoción en masa activa en el KM 43.000 de la Ruta U-40, Entre Osorno y Bahía Mansa, Décima Región. Documento Externo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Subdirección Nacional de Geología, Departamento de Geología Aplicada. 17 pp.
- HENRÍQUEZ, A. 2022. Comunes y nueva Constitución. Comunes costeros y cambio climático: sociología en acción. Cuadernillo Resumen, Escuela de Verano de la Universidad de Concepción. 30 pp. Concepción.
- HERNÁNDEZ, A.; ASCANIO, M.O.; MORALES, M.; BOJÓRQUEZ, J.I.; GARCÍA, N.E.; GARCÍA, J.D. 2006. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Universidad Autónoma de Nayarit. 219 pp.
- HERNÁNDEZ, B. 2002. Variabilidad interanual de las anomalías de la temperatura superficial del mar en aguas cubanas y su relación con eventos El niño-Oscilación del Sur (ENOS). *Investigaciones Marinas*. Vol. **30** (2): 21-31. Valparaíso.
- HERRERA, R. & SANDOVAL, B. 1973. Capacidad de uso de la tierra, Provincias de Atacama a Magallanes. Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN) & Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). 40 pp. Santiago.

- HERVÉ, F. 1988. Late paleozoic subduction and accretion in southern Chile. *Episodes*. Vol. **11** (3): 183-188.
- HERVÉ, F.; CALDERÓN, M.; FANNING, C.M.; PANKHURST, R.J. & GODOY, E. 2013. Provenance variations in the Late Paleozoic accretionary complex of central Chile as indicated by detrital zircons. *Gondwana Research*. Vol. **23** (3): 1.122-1.135.
- HERVÉ, F.; FAUNDEZ, V.; CALDERÓN, M.; MASSONNE, H.J. & WILLNER, A.P. 2007. Chapter 2: Metamorphic and plutonic basement complexes. *The Geology of Chile. Geological Society Special Publication*. 5-19. London.
- HUBER, A.; IROUMÉ, A.; MOHR, C. & FRÊNE, C. 2010. Efecto de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de la región del Biobío, Chile. *Bosque*. Vol. **31** (3): 219-230.
- HYPPOLITO, T.; JULIANI, C.; GARCÍA-CASCO, A.; MEIRA, V.; BUSTAMANTE, A. & HERVÉ, F. 2014. The nature of the Palaeozoic oceanic basin at the southwestern margin of Gondwana and implications for the origin of the Chilena terrane (Pichilemu, central Chile). *International Geology Review*. Vol. **56** (9): 1.097-1.121.
- INFRAESTRUCTURA DE DATOS GEOESPACIALES (IDE). 2021. Zonas climáticas de Chile según Köppen-Geiger escala 1:1.500.000. Universidad de Chile, Departamento de Geografía.
http://www.geoportal.cl/arcgis/rest/services/Otros/chile_uchile_clima_Koppen_Geiger/MapServer.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE). 2022. Censo de Población y Vivienda, Región de los Lagos. Redatam Webserver. <https://regiones.ine.cl/los-lagos/estadisticas-regionales/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (En prensa). 2019. IPCC: Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Pörtner, H.O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Tignor, M.; Poloczanska, E.; Mintenbeck, K.; Alegría, A.; Nicolai, M.; Okem, A.; Petzold, J.; Rama, B. & Weyer N.M. (eds.). 755 pp. Ginebra.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: 1132 pp. Cambridge y New York. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf.
- JARDIN, A. 2013. Mejora del proceso de respuesta durante la gestión de catástrofes. Proyecto de grado para optar al grado de magister en ingeniería de negocios con tecnologías de información. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil (Inédito): 126 pp. Santiago.
- JIMÉNEZ, C. 2015. Análisis del riesgo de anegamiento asociado a la red colectores de aguas

servidas de la Comuna de Concepción, Región del Bío Bío. Proyecto final para optar al título de magíster en análisis geográfico. Universidad de Concepción, Dirección de Postgrado, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Programa de Magíster en Análisis Geográfico (Inédito): 210 pp. Concepción.

- KATO, T. 1985. Pre-Andean orogenesis in the Coast Ranges of central Chile. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **96**: 918-924.
- LAGOS, M.; CISTERNAS, M. & MARDONES, M. 2008. Construcción de Viviendas Sociales en Áreas de Riesgo de Tsunami. Pontificia Universidad Católica de Chile. *Revista de la Construcción*. Vol. **7** (2): 4-16. Santiago de Chile.
- LARA, A.; SOLARI, M.E; PRIETO, M.R. & PEÑA, M.P. 2012. Reconstrucción de la cobertura de la vegetación y uso del suelo hacia 1550 y sus cambios a 2007 en la ecorregión de los bosques valdivianos lluviosos de Chile (35°-43°30'S). *BOSQUE*. Vol. **33** (1): 13-23. Valdivia.
- LE GALLOUDEC, O.; PERRUCHE, C.; DERVAL, C.; TRESSOL, M., & DUSSURGET, R. 2022. Global Ocean Biogeochemistry Multiyear Product (3.6_STABLE). Copernicus Marine Service. DOI: <https://doi.org/10.48670/moi-00019>.
- LEDESMA, J. 2011. Principios de meteorología y climatología. Editorial Paraninfo: 532 pp. España.
- MARDONES, M. & VIDAL, C. 2001. La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *Revista Eula*. Vol. **27** (81): 97-122. Santiago de Chile.
- MARÍN, M.V.; MUÑOZ, A.A. & NARANJO, J.A. 2018. Víctimas fatales causadas por remociones en masa en Chile (1928-2017). Congreso Geológico Chileno N° 15: 5 pp. Concepción.
- MCGINNIS, M.D. & OSTROM, E. 2014. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*. Vol. **19** (2): 12 pp.
- MCGRANAHAN, G.; BALK, D. & ANDERSON, B. 2007. The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment & Urbanization*. Vol. **19** (1): 17-37.
- MELLA, M. 2017. Remociones en masa ladera Av. Prat, Mailcolpué, Comuna de San Juan de la Costa, Región de los Lagos. INF-Los-Lagos-10.2017. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Subdirección Nacional de Geología, Oficina Técnica de Puerto Varas. 8 pp.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP). 2012. Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de los Lagos, Resumen Ejecutivo. Dirección Regional de Planeamiento - MOP, Región de los Lagos. 120 pp.

- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP). 2017. Cuadernillo de la Carta camionera 2017 en pdf. SIG y Cartografía, Dirección de Vialidad - MOP. 24 pp. <http://www.mapas.mop.cl/>.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2017. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022. Gobierno de Chile. 252 pp. Santiago.
- MONTEALEGRE, J.E & PABÓN, J.D. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño–La Niña–Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*. N° 2: 7-21. Bogotá, Colombia.
- MONTECINO, V.; PAREDES, M. A.; MANLEY, M.; ASTORECA, R.; URIBE, P.; ALARCÓN G.; PIZARRO, G. & VARGAS, C. 2006. Primary productivity gradients, chlorophyll-a and size composition of phytoplankton in western channels of Aysén region: november 2002. *Ciencia y Tecnología del Mar*. Vol. **29** (2): 65-85. Valparaíso.
- NELSON, A.; KASHIMA, K. & BRANDLEY, L.A. 2009. Fragmentary Evidence of Great-Earthquake Subsidence during Holocene Emergence, Valdivia Estuary, South Central Chile. *Seismological Society of America*. N°1, Vol. **99**: 71-86.
- OCHOA, M.P. 2017. Análisis de sensibilidad global, modelado y optimización de sistemas de reacción biológicos. Tesis Doctoral en Ingeniería Química. Universidad Nacional del Sur. 208 pp. Bahía Blanca, Argentina.
- ORTEGA, C.; VARGAS, G.; RUTLLANT, J.A.; JACKSON, D. & MÉNDEZ, C. 2012. Major hydrological regime change along the semiarid western coast of South America during the early Holocene. *Quaternary Research*. Vol. **78**: 513-527.
- ORTIZ, R. 2015. Síntesis de la evolución del conocimiento en Edafología. *Revista Eubacteria*. N° 34: 51-64.
- OSTERKAMP, W.R. 2008. Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology. USGS Open file Report 2008-1217. *U.S. Geological Survey*. 49 pp. Reston, Virginia.
- OSTROM, E. 2000. “El Gobierno de los Bienes Comunes, La evolución de las instituciones de acción colectiva”. 1° Edición. Fondo de Cultura Económica: 395 pp. México.
- OVALLE, M. C. 2020. Cubiertas vegetales: una herramienta fundamental para el manejo sustentable del suelo en huertos frutales, viñedos y hortalizas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA. N° 425: 106 pp. La Cruz, Región de Valparaíso, Chile.
- PAPARAZZO, F.E.; FARIAS, L.; SANTINELLI, N.; ALDER, V.A. & ESTEVES, J.L. 2013. Incorporación de nitrato por fitoplancton en dos ambientes marinos diferentes de la provincia de Chubut (42°-46°S, Argentina). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. Vol. **48** (3): 591-600.
- PAWLOWICZ, R. 2013. Key Physical Variables in the Ocean: Temperature, Salinity, and Density.

Nature Education Knowledge. Vol. **4** (4):13 pp.

- PEÑA, E. 2007. Calidad de Agua, Trabajo de Investigación Oxígeno Disuelto (OD). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ing. En Auditoría y Control de Gestión. 6 pp. Guayaquil.
- PÉREZ, Y.; MILOVIC, J.; TRONCOSO, R.; HANISCH, J.; HELMS, F. & TOLOCZYKI, M. 2003. Geología para el ordenamiento territorial: área de Osorno, Región de Los Lagos. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental*. N° 6: 54 pp. 7 mapas escala 1:100.000.
- PLISCOFF, P.; TECKLIN, D.; FARÍAS, A. & SÁEZ, J. 2005. Análisis de paisaje de conservación para la Cordillera de la Costa de la Región de los Lagos. WWF Chile, Programa Ecorregión Valdiviana y Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). N° 11: 154 pp. Valdivia, Chile.
- QUEZADA, M. G.; PAREDES, R. I.; CARRILLO, F. & ROJAS, J. 2011. Modelo físico de la estimación de la concentración de clorofila-a en el mar peruano usando imágenes MODIS. *Revista de Investigación de Física*. Vol. **14** (2): 6 pp. Lima, Perú.
- QUEZADA, P. 2015. Geología del basamento de la Región de los Lagos, Chile; Evidencias de magmatismo calco-alcálico y aportes sedimentarios devónicos. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (Inédito): 71 pp. Santiago.
- QUINTANA, J. & ACEITUNO, P. 2012. Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43 °S. *Atmósfera*. Vol. **25** (1): 1-22. Ciudad de México.
- RAMIS, A. 2013. El concepto de bienes comunes en la obra de Elinor Ostrom. *Ecología política*. N° 45: 116-121. Valencia.
- RENTERÍA, W. & ORTEGA, J. 2012. Notas acerca de la fertilización por hierro. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. Vol. **17** (1): 163-170.
- RIVERA, E.; SÁNCHEZ, M. & DOMÍNGUEZ, H. 2018. pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica (RIP)*. Vol. **4**: 101-105.
- RIVERA, J.H.; SINISTERRA, J.A. & CALLE, Z. 2007. Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Dagua, Valle del Cauca, Colombia. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). 10 pp. Colombia.
- RIVERA, P.; RIVERA, J. E.; ANDRADE, E.; GARZA, F.; CASTRO, B. & BELMONTE, F. 2014. Medición de la erosión en cárcavas por medio de imágenes de satélite. *Terra Latinoamericana*. Vol. **32**: 13-21.
- ROMERO, H. & VÁSQUEZ, A. 2005. Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las

- cuencas de piedemonte andino de Santiago de Chile. *Revista Eure*. Vol. **16** (94): 97-118. Santiago de Chile.
- ROMERO, R. 2014. Proveniencia de sedimentos del complejo acrecionario paleozoico entre 36°30'S y 40°S. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (Inédito): 105 pp. Santiago.
- SADZAWKA, A.; CARRASCO, M.A.; GREZ, R.; MORA, M.L.; FLORES, H. & NEAMAN, A. 2006. Métodos de análisis de recomendados para los suelos de Chile. Revisión 2006. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Serie Actas INIA*. N° 34: 164 pp. Santiago, Chile.
- SALAZAR, E. 2012. Evolución tectonoestratigráfica de la cordillera de Vallenar: Implicancias en la construcción del oroclino de Vallenar. Tesis de Magíster. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 126 pp, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- SARRICOLEA P.; HERRERA-OSSANDON, M.H. & MESEGUER-RUIZ, O. 2017. Climatic regionalization of continental Chile. *Journal of Maps*. Vol. **13** (2): 66-73.
- SCHULZ, N.; BOISIER, J. P. & ACEITUNO, P. 2011. Climate change along the arid coast of northern Chile. *International Journal of Climatology*. Vol. **32**: 1803-1814.
- SERRANO, S.; ZULETA, D.; MOSCOSO, V.; JÁCOME, P.; PALACIOS, E. & VILLACÍS, M. 2012. Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el distrito metropolitano de Quito. *LA GRANJA, Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 16 (2): 23-47.
- SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE (SHOA). 2022. Temperatura Superficial del Mar (TSM). Gráfica de valores de anomalías de TSM asociados al evento El Niño/La Niña, desde 1950 a la fecha. <http://www.shoa.cl/php/index.php>
- SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (SERNAGEOMIN). 2003. Mapa geológico de Chile, versión digital, Base Geológica escala 1:1.000.000, versión 1.0. Publicación Geológico Digital. N° 4.
- SERVICIO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA (SERNAPESCA). 2022. Anuarios Estadísticos de Pesca y Acuicultura. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile.
- SIERRA, C. 1982. La acidez y alcalinidad de los suelos (pH). Estación Experimental Remehue. Boletín Técnico – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 49: 14 pp. Osorno, Chile.
- SILVA, C.; YÁÑEZ, E.; BARBIERI, M.A.; BERNAL, C. & ARANIS, A. 2015. Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. *Progress in Oceanography*. Vol. **134**: 343-355.

- SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL RURAL (SITRURAL). 2020. Comuna San Juan de la Costa, Recursos Naturales. Ministerio de Agricultura - SITRural. https://www.sitrural.cl/wp-content/uploads/2020/06/SanJuandelaCosta_rec_nat.pdf
- SISTEMA NACIONAL INTEGRADO DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS FORESTALES (SIMEF). 2022. Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal (INFOR), Corporación NAcional Forestal (CONAF) & Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).
- SOTO, V. 2002. Concepto de bienes comunes y su aplicación en el derecho constitucional comparado. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones. Serie Informes N° 4-22. Santiago.
- STOCKING, M. & MURNAGHAN, N. 2003. Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra. Ediciones Mundi-Prensa: 173 pp. España.
- SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO REGIONAL (SUBDERE). 2012. Actualización Plan de Desarrollo comunal (PLADECO) 2012 - 2017, Ilustre Municipalidad de San Juan de la Costa. Ingenieros Consultores CGA. 155 pp.
- THIERS, O.; REYES, J.; GERDING, V. & SCHLATTER, J.E. 2014. Suelos en ecosistemas forestales. Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Donoso, C.; ME González, M.E. & Lara, A. (eds.). Ediciones UCh.: 133-178. Valdivia, Chile.
- TOLEDO, V. 2013. Cuantificación de la erosión regresiva en cabeceras y pérdida de suelo en cárcavas en el sector de Susucal, estado Lara Venezuela. *Revista de Investigación*. N° 80, Vol. 37: 117-138.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). 2016. Development and Globalization: Facts and Figures 2016. 225 pp. Ginebra. <https://stats.unctad.org/Dgff2016/DGFF2016.pdf>
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO), ONU-Agua. 2020. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático. 243 pp. París.
- VÁSQUEZ, P. 2001. Petrología y geotermobarometría del basamento metamórfico de la Cordillera de la Costa de Chile, entre los 36°30'S y 38°00'S. Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 170 pp. Concepción.
- VEAS, M. 2017. Mineralogía de rocas metamórficas de la serie occidental, entre los 41°15'S y 41°25'S (Complejo Metamórfico de Bahía Mansa): Implicancias geotermobarométricas. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología (Inédito): 62 pp. Santiago.

- VERNIERE, I. 2006. Ciencias con lo mejor de Vernier. Experimentos Usando los Sensores y el Interface LabPro de Vernier. Primera edición. Vernier International. 357 pp.
- VIDAL, C. & ROMERO, H. 2010. (En prensas). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bío-Bío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En “Concepción metropolitano (AMC). Planes, procesos y proyectos. Pérez, L. e Hidalgo, R. (Editores). Serie GEOLibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 19 pp.
- VILLARROEL, C. 2013. Eventos extremos de precipitación y temperatura en Chile: proyecciones para fines del siglo XXI. Tesis para optar al grado de Magíster en meteorología y climatología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (Inédito): 142 pp. Santiago.
- WHITTINGHAM, M.V. 2010. ¿Qué es la gobernanza y para qué sirve?. *Revista Análisis Internacional*. Vol. 2: 219-236.
- WILLNER, A.P. 2005. Pressure-Temperature Evolution of a Late Palaeozoic Paired Metamorphic Belt in North-Central Chile (34°-35°30'S). *Journal of Petrology*. Vol. 46 (9): 1.805-1.833.
- WILLNER, A.P.; GLODNY, J.; GERYA, T.V.; GODOY, E. & MASSONNE, H. 2004. A counterclockwise PTt path of high-pressure/low-temperature rocks from the Coastal Cordillera accretionary complex of south-central Chile: constraints for the earliest stage of subduction mass flow. *Lithos*. Vol. 75 (3-4): 283-310.
- WILLNER, A.P.; PAWLING, S.; MASSONNE, H.J. & HERVÉ, F. 2001. Metamorphic evolution of spessartine quartzites (coticles) in the high-pressure, low-temperature complex at Bahía Mansa, Coastal Cordillera of South-Central Chile. *Canadian Mineralogist*. Vol. 39 (6): 1.547-1.569.
- WWF CHILE. 2011. Plan Estratégico de la Ecorregión Valdiviana. *WWF Chile*. 62 pp. Valdivia.
- ZAGAL, E. & SADZAWKA, A. 2007. Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos. Universidad de Concepción Facultad de Agronomía Chillán. 103 pp. Chillán, Chile.
- ZAMBRA-ÁLVAREZ, A.; ÁLVAREZ-ABEL, R.; THER-RÍOS, F.; NÚÑEZ-MALDONADO, D. & NAVARRO-PACHECO, M. 2016. Mapeando el conocimiento local: Experiencias de cartografía participativa en el sur de Chile. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]*. N° 20: 20–27.
- ZAMBRANO-BIGIARINI M. & MARINAO R. 2022. Mawün: Explorador de precipitaciones. Versión 2.1. Observatorio de Recursos Hídricos de la Universidad de la Frontera & Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)². <https://mawun.cr2.cl/>
- ZARZA, L. 2022. ¿Qué es la eutrofización?. IAGUA. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-eutrofizacion#:~:text=La%20eutrofizaci%C3%B3n%20se%20refiere%20al,las%20masas%20de%20agua%20afectadas>



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA



Anexos

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
I.A Pauta entrevista catastro de bienes comunes.....	178
I.B Formato consentimiento informado.....	185
II.A Mapa cartografía participativa recurso hídrico.....	187
II.B Mapa cartografía participativa algas.....	191
II.C Mapa cartografía participativa mariscos.....	195
III.A Mapas ampliados de monocultivos en registro CONAF 2006.....	199
III.B Mapas ampliados de monocultivos en registro CONAF 2014.....	200
III.C Mapas ampliados de distribución de puntos pH 1 en zonas de recolección de muestras.....	201
III.D Mapas ampliados de distribución de puntos pH 2 en zonas de recolección de muestras.....	202

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes



ACT 210037

COMUNES COSTEROS: LABORATORIOS PARA EL CODISEÑO

Catastro de comunas y variables claves para el codiseño de la gobernanza

En el marco del Proyecto ACT210037, 'Laboratorios de codiseño para el Cambio Climático: gobernanza y cuidado de comunas en zonas costeras del centro sur de Chile', se ejecuta el presente Catastro para dar cumplimiento al objetivo específico número 1¹.

Los principales aspectos a recoger con este Catastro es la identificación de comunas, stakeholders (partes interesadas), conflictos, amenazas, sistemas de gobernanza y dinámicas en contexto de cambio climático.

Este Catastro recogerá información en las tres regiones en que se emplaza el proyecto, específicamente, con actores de las localidades de San Juan de la Costa (Región de Los Lagos), Lebu (Región del Biobío), y Coronel de Maule (Región del Maule).

Su participación en este Catastro es de vital importancia para la pertinencia del trabajo del proyecto y la conformación de los equipos de cada laboratorio en su primera etapa. Su conocimiento es una contribución básica para el buen desarrollo de la metodología científica del codiseño.

¹ Diagnosticar los comunas territoriales relevantes ubicados en el borde costero, incluyendo su estado y calidad, sus *stakeholders*, sus conflictos, sus actuales sistemas de gobernanza y dinámicas en contexto de cambio climático. El Proyecto ACT210037 es ejecutado por la Universidad de Concepción, junto a la Universidad Católica del Maule y la Universidad de Los Lagos.

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes

I. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES QUE PARTICIPAN DEL CATASTRO

Nombre	Rol/actividad	Organizaciones/instituciones)	Teléfono/ email	Región/Comuna

1. Fecha y lugar o modalidad de aplicación (señalar si es virtual o presencial)

--

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes

II. IDENTIFICACIÓN DE COMUNES

1. Cuadro de identificación preliminar de comunes (marcar los comunes identificados y ampliar la lista)

Maule	Lebu	San Juan de la Costa
Agua	Algas	Peces
Bosque nativo	Nalcas	Algas
Apicultura	Recursos pesquero- artesanales	Mariscos
Viñas patrimoniales	ECMPO	Mitología
	APR	Cultivo agrícola en laderas
	Recolección (ciclo de recolección de frutos como mutilla, hongos, maqui).	Intercambios
	Chapes, recolección costera	APR ²
		Organizaciones
		Recolección de PFM ³

2. ¿Qué otro común material considera usted que podrían agregarse?

3. ¿Qué otro común inmaterial (conocimientos, organización) considera usted que podrían agregarse?

4. ¿Qué otro común conoce usted que haya desaparecido?

5. ¿Qué vínculos posee o cómo se relaciona usted con estos u otros comunes?

² Agua Potable Rural

³ Productos Forestales No-Maderables

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes

6. Caracterización de estado de los comunes

¿En qué lugares o zonas geográficas se encuentran ubicados? (precisar ubicación de cada común descrito)
¿En qué estado se encuentran estos comunes? (presentes, en abundancia, en riesgo o bajo amenazas, otras).
¿A qué se debe que estos comunes estén en riesgo o bajo amenaza?
¿Cuál es la importancia que tienen para las culturas locales?
¿Cuál es la importancia que tienen para el sustento económico de parte de la población?
¿Cuál es la importancia para las dinámicas ecológicas y el sistema de vida del territorio?
¿Qué pasa con estos comunes en contexto de cambio climático? (se han visto afectados por falta o exceso de agua o de lluvia, de qué manera, otro)
Otro, ¿Cuál?

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes

7. ¿En qué estado considera usted que se encuentran los comunes identificados? (indique solo una alternativa con una X o complete, según corresponda)

Bien cuidados y conservados por la comunidad	¿cómo, con qué acciones?
Bien conservados por un pequeño grupo o particular	¿cómo, con qué acciones?
Escasamente cuidados	¿por qué?, ¿quiénes los descuidan?
Apropiados por privados	¿quiénes?, ¿con qué procesos?
Descuidados completamente	¿Por qué? Cómo?
Otro, ¿Cuál?	

8. En comparación a años o décadas atrás, ¿qué cambios ha identificado usted en los comunes?

9. ¿Qué factores han incidido o provocado estos cambios? (si no hay respuesta, sugerir opciones del listado)

- a) *Cambio climático*
- b) *Mala administración de los usuarios*
- c) *Acción de privados con mayor poder (despojo)*
- d) *Escasa o nula fiscalización gubernamental*
- e) *Otros*

10. ¿Cree usted que el cambio climático ha afectado el estado de los comunes identificados?
¿de qué manera?

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes

III. Stakeholders, conflictos, gobernanza y cambio climático

1. ¿Qué actores, organizaciones o instituciones son relevantes para el resguardo de los comunes identificados?

2. ¿Existen conflictos en torno a la disponibilidad y uso de los comunes?, ¿cuáles serían estos conflictos?

3. ¿Cómo se resuelven esos conflictos actualmente o cómo se han resuelto en el pasado?

4. ¿Qué amenazas existen hoy para el buen cuidado y gobernanza de los comunes?

Anexo I.A: Pauta entrevista catastro de bienes comunes

IV. Acciones a proseguir

1. ¿De qué manera cree usted que debería impulsarse o promoverse el cuidado de los comunes identificados?, ¿por qué?

2. ¿Qué aspectos y actores serían claves, a su juicio, en el diseño del cuidado de comunes?, ¿por qué?

3. ¿Le interesaría integrarse al laboratorio de codiseño⁴?

Sí, a título personal	Agregar nombres y contactos
Si, como organización, deseamos figurar en los registros públicos (ej. pag web)	Agregar nombres y contactos
Si, mi organización desea participar de las actividades pero no figurar en registros públicos (ej. pag web)	Agregar nombres y contactos
No	

⁴ Los laboratorios serán grupos de trabajo locales, integrados por actores claves en torno al cuidado y gobernanza de comunes e investigadores/as del proyecto. Estos Laboratorios iniciarán su trabajo en el mes de marzo de 2022, con la convocatoria a los grupos y la planificación participativa de sus programas centrados en la elaboración de diagnóstico territorial prospectivo.

Anexo I.B: Formato consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTAS DE AUDIO

Yo _____ he sido invitado/a por Beatriz Cid Aguayo, socióloga y profesora del Departamento de Sociología de la Universidad de Concepción, a participar en el proyecto denominado “Laboratorios de codiseño para el Cambio Climático: gobernanza y cuidado de comunes en zonas costeras del centro sur de Chile”. Este es un proyecto ANILLO de investigación científica, ejecutado por la Universidad de Concepción en alianza con la Universidad Católica del Maule y la Universidad de los Lagos, que cuenta con el apoyo de ANID (Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo) y del Programa de investigación CIDESAL de la Universidad de Concepción. Su duración total es de 3 años.

Conozco que este proyecto, tiene como objetivo general diseñar un modelo metodológico colaborativo de gobernanza y cuidado de comunes, basado en estrategias de codiseño. Para ello, se requiere del testimonio de diferentes actores sociales cuya experiencia y propuestas resultan claves para el correcto logro de este objetivo. En el caso que corresponda, este proyecto deberá respetar las indicaciones de la Ley Indígena 19.253, el Convenio 169 de la OIT y la Declaración de las Naciones Unidas sobre Derechos de los Pueblos Indígenas en todo lo que concierne a los conocimientos indígenas, los resguardos de su patrimonio cultural y natural y los principios del consentimiento previo, libre e informado.

En el marco del cumplimiento de lo anterior, mi participación se llevará a efecto a través de una entrevista, cuyo tiempo de duración se estima entre los 40 a 60 minutos aproximadamente, en la cual se aplicará una pauta diseñada con el objetivo de recoger mi punto de vista. Esta entrevista será grabada en registro de audio y la información recogida será de carácter estrictamente confidencial, utilizada sólo para los fines del proyecto y de conocimiento exclusivo por parte del equipo responsable. Asimismo, mi identidad será conocida solamente por el/la investigador/a que me entrevistó, ya que mis datos serán registrados bajo un seudónimo o código que asegure la confidencialidad. De igual forma, estoy en conocimiento que la información obtenida será procesada privilegiando el conocimiento compartido y de ninguna forma podrán ser identificadas mis respuestas ni mis opiniones individualizándome en la publicación de resultados. Para todos estos efectos, acepto que el registro de mi entrevista quedará a cargo y bajo custodia de la investigadora responsable de este proyecto, la Dra. Beatriz Cid Aguayo.

En mi calidad de entrevistado/a, reconozco que mi participación es voluntaria, no remunerada y que los resultados de este proyecto contribuirán a promover la participación legítima y organizada de los actores del territorio, en la construcción de un proceso inédito de codiseño. Teniendo en cuenta la importancia y el interés público de esta iniciativa, tendré derecho a acudir al Comité de Ética de la Universidad de Concepción, en relación al resguardo de mis derechos ante cualquier eventualidad que los ponga en riesgo, para lo cual puedo recurrir a la Secretaría de dicho comité, cuyo contacto se informa al final del este documento⁵.

Podré solicitar los resultados del proyecto, los que me podrán ser entregados en el marco del avance del mismo y conforme a su planificación. De igual modo, estoy en conocimiento que puedo negarme a contestar cualquier pregunta, así como a detener la entrevista, en caso que así lo estime oportuno.

Finalmente, SI ACEPTO participar voluntariamente de este proyecto, compartiendo mi punto de vista a través de la entrevista grabada, firmando este CONSENTIMIENTO INFORMADO en dos ejemplares, uno para quien firma y otro para el equipo de investigación.

Firma del/a entrevistado/a _____ **Fecha** _____

Firma Investigadora Responsable _____

⁵ Si tiene alguna pregunta, durante cualquier etapa del estudio puede comunicarse con Beatriz Cid Aguayo, Departamento de Sociología, Universidad de Concepción. Víctor Lamas #1290, Concepción. Correo electrónico beatrizcid@udec.cl. Con la secretaria del Comité de Ética de la Universidad de Concepción, puede comunicarse a través del correo electrónico secrevid@udec.cl

Anexo I.B: Formato consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARTICIPACIÓN EN GRUPOS FOCALES Y/O DE DISCUSIÓN

Yo _____ he sido invitado/a por Beatriz Cid Aguayo, socióloga y profesora del Departamento de Sociología de la Universidad de Concepción, a participar en el proyecto denominado “Laboratorios de codiseño para el Cambio Climático: gobernanza y cuidado de comunes en zonas costeras del centro sur de Chile”. Este es un proyecto ANILLO de investigación científica, ejecutado por la Universidad de Concepción en alianza con la Universidad Católica del Maule y la Universidad de los Lagos, que cuenta con el apoyo de ANID (Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo) y del Programa de investigación CIDESAL de la Universidad de Concepción. Su duración total es de 3 años.

Conozco que este proyecto, tiene como objetivo general diseñar un modelo metodológico colaborativo de gobernanza y cuidado de comunes, basado en estrategias de codiseño. Para ello, se requiere del testimonio de diferentes actores sociales cuya experiencia y propuestas resultan claves para el correcto logro de este objetivo. En el caso que corresponda, este proyecto deberá respetar las indicaciones de la Ley Indígena 19.253, el Convenio 169 de la OIT y la Declaración de las Naciones Unidas sobre Derechos de los Pueblos Indígenas en todo lo que concierne a los conocimientos indígenas y los principios del consentimiento previo, libre e informado.

La actividad de grupo focal o de discusión, podrá ser registrada en formato de video/audio y/o de imagen (fotografía) y los registros obtenidos podrán ser utilizados, pero sólo para los fines del proyecto, no tendrán valor comercial y su uso estará circunscrito a sus principales objetivos. De igual forma, conozco que la información relativa a mis intervenciones será de uso confidencial por parte del equipo de investigación, y que no serán abordadas de manera individual pues en esta actividad se busca rescatar una visión con sentido colectivo o comunitario, razón por la cual me comprometo también a guardar reserva de las intervenciones de los demás participantes de este espacio. Asimismo, acepto que los registros de esta actividad quedarán a cargo y bajo custodia de la investigadora responsable de este proyecto, la Dra. Beatriz Cid Aguayo.

En mi calidad de participante en la actividad de grupo focal o de discusión, reconozco que mi participación es voluntaria, no remunerada y que los resultados de este proyecto contribuirán a promover la participación legítima y organizada de los actores del territorio, en la construcción de un proceso inédito de codiseño. Teniendo en cuenta la importancia y el interés público de esta iniciativa, tendré derecho a acudir al Comité de Ética de la Universidad de Concepción, en relación al resguardo de mis derechos ante cualquier eventualidad que los ponga en riesgo, para lo cual puedo recurrir a la Secretaría de dicho comité, cuyo contacto se informa al final del este documento⁶.

Podré solicitar los resultados del proyecto, los que me podrán ser entregados en el marco del avance del mismo y conforme a su planificación. Asimismo, estoy en conocimiento que puedo negarme a contestar cualquier pregunta, así como a retirarme de la actividad, en caso que así lo estime oportuno.

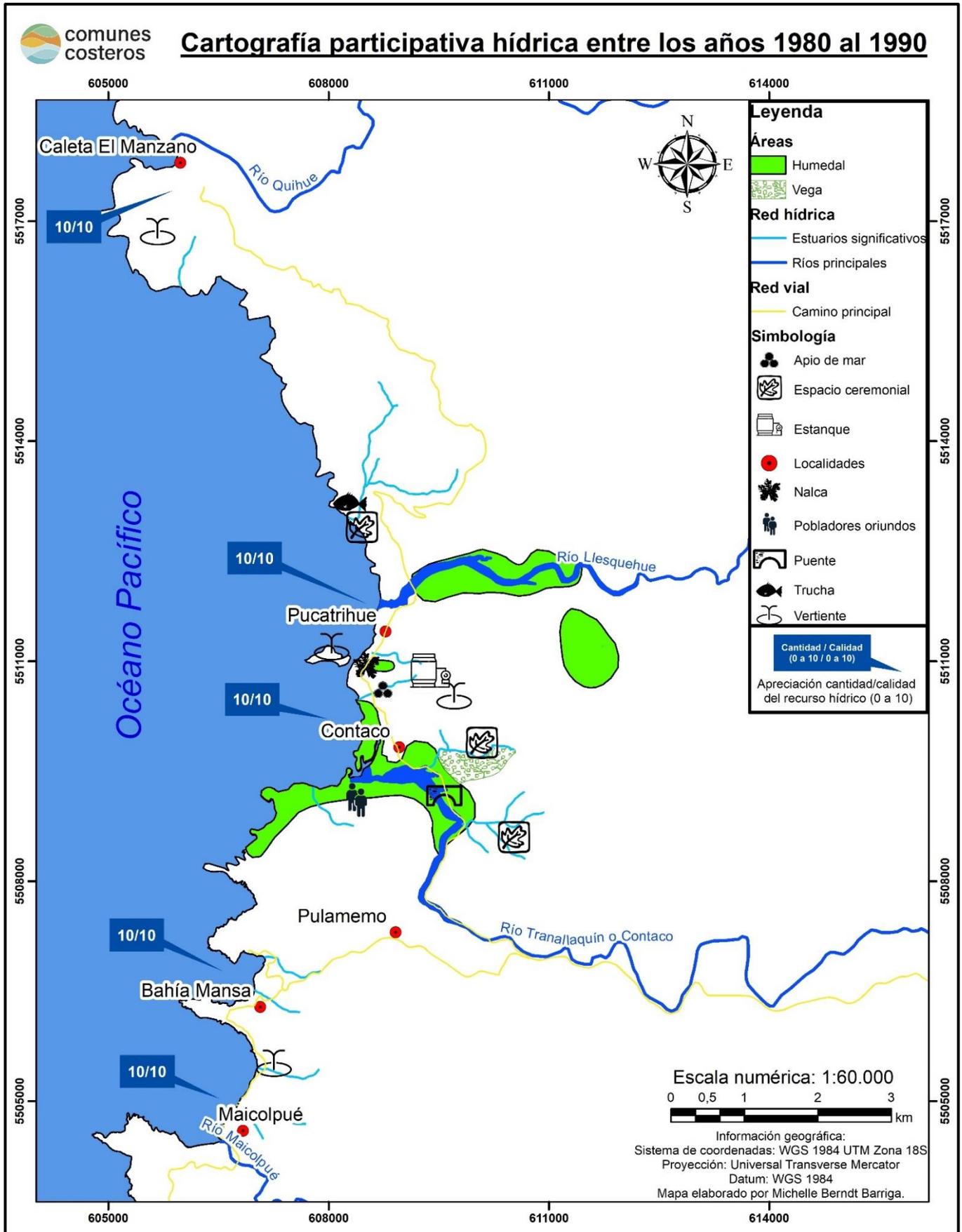
Finalmente, SI ACEPTO participar voluntariamente de este proyecto, compartiendo mi punto de vista a través de la participación en grupo focal y/o de discusión, firmando este CONSENTIMIENTO INFORMADO en dos ejemplares, uno para quien firma y otro para el equipo de investigación.

Firma del/a entrevistado/a _____ **Fecha** _____

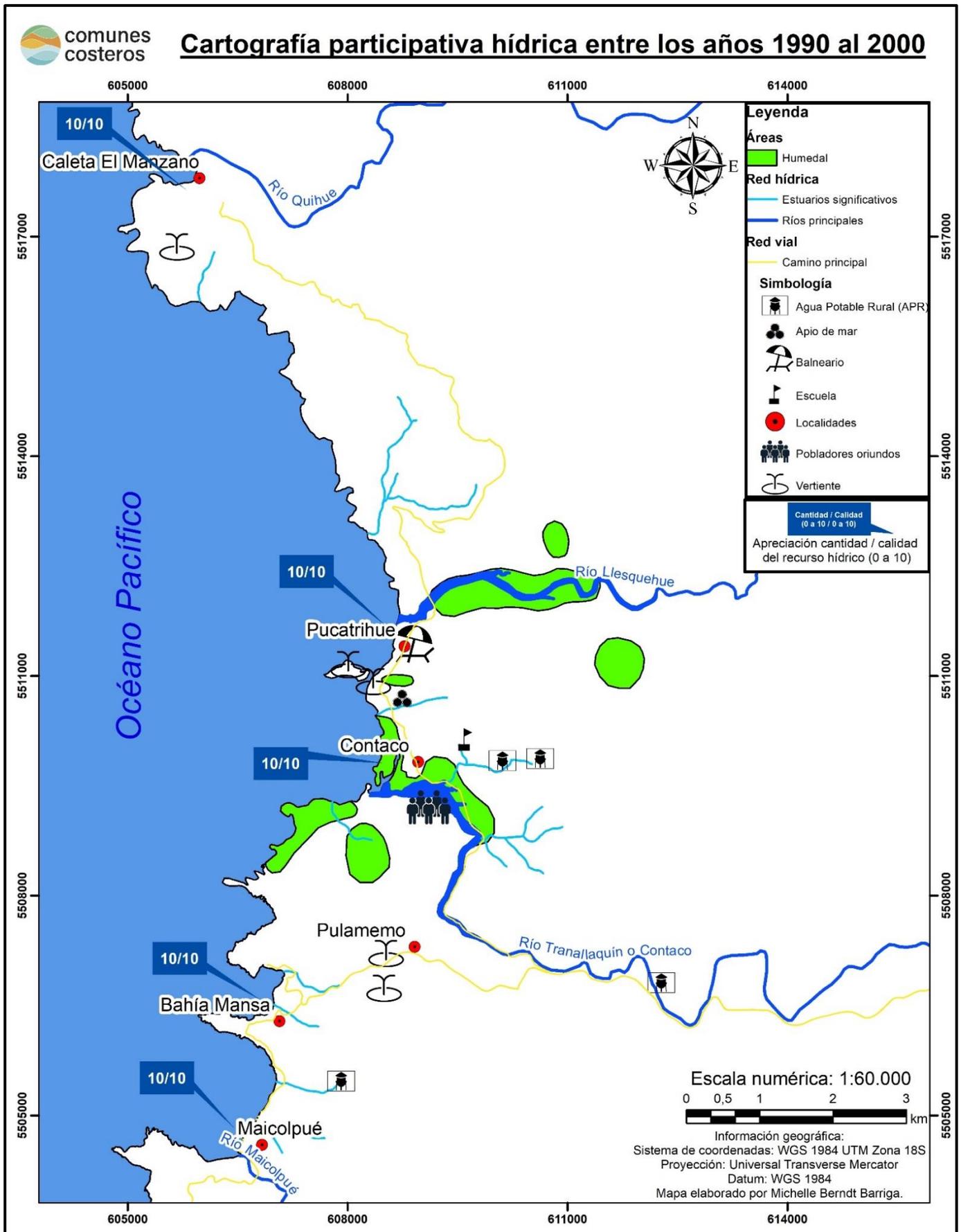
Firma Investigadora Responsable _____

⁶ Si tiene alguna pregunta, durante cualquier etapa del estudio puede comunicarse con Beatriz Cid Aguayo, Departamento de Sociología, Universidad de Concepción. Víctor Lamas #1290, Concepción. Correo electrónico beatrizcid@udec.cl. Con la secretaria del Comité de Ética de la Universidad de Concepción, puede comunicarse a través del correo electrónico secrevid@udec.cl

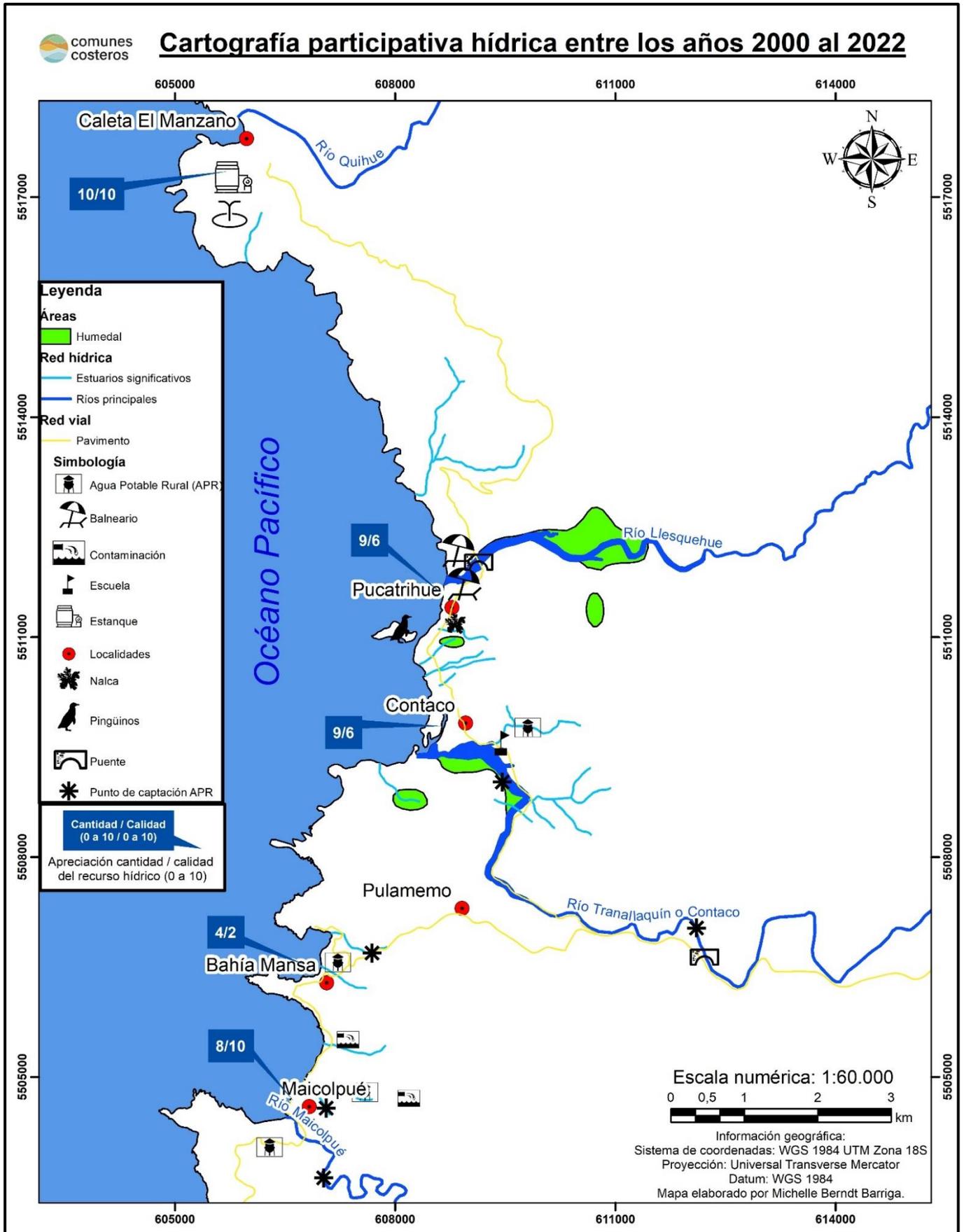
Anexo II.A: Mapa cartografía participativa recurso hídrico



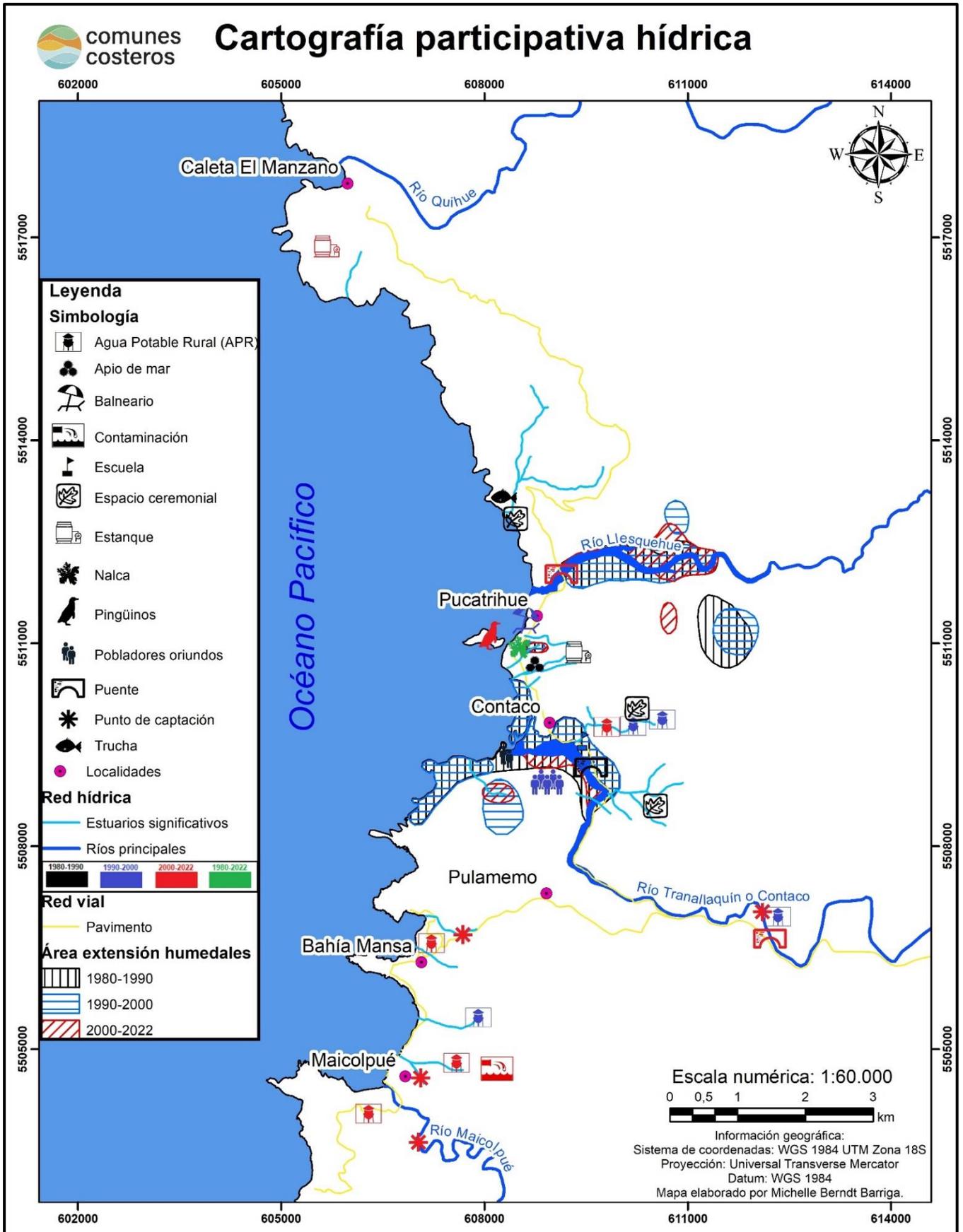
Anexo II.A: Mapa cartografía participativa recurso hídrico



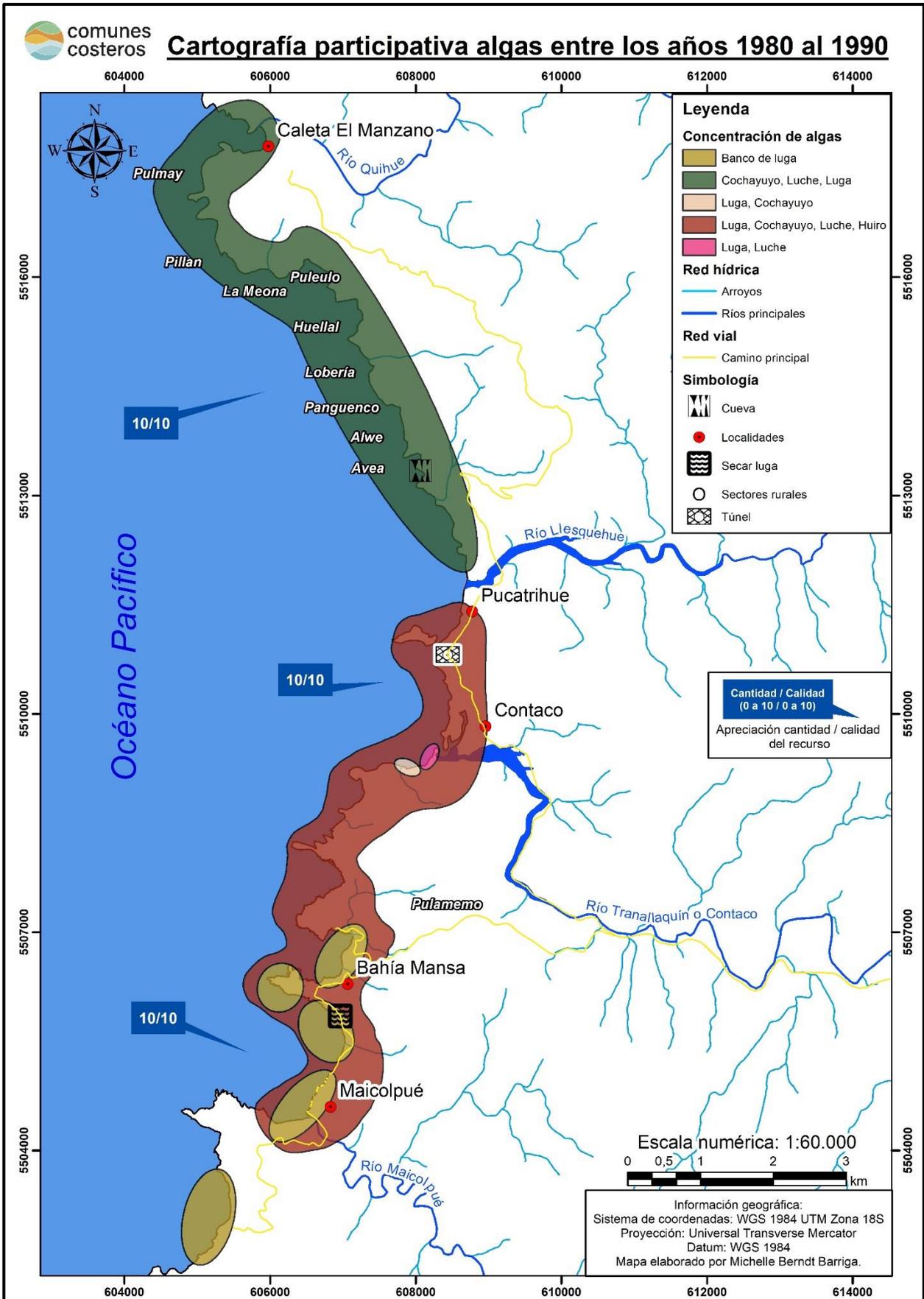
Anexo II.A: Mapa cartografía participativa recurso hídrico



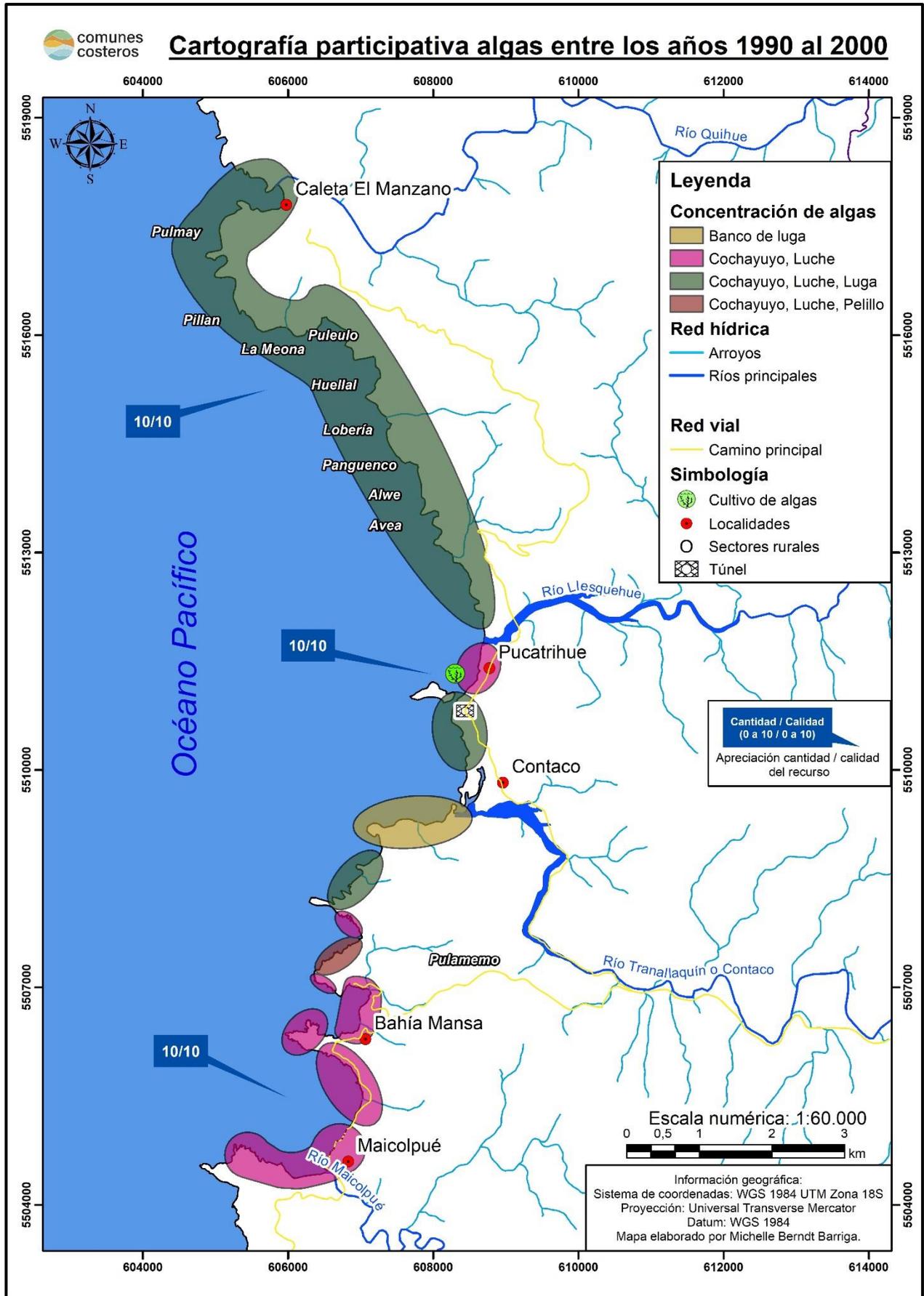
Anexo II.A: Mapa cartografía participativa recurso hídrico



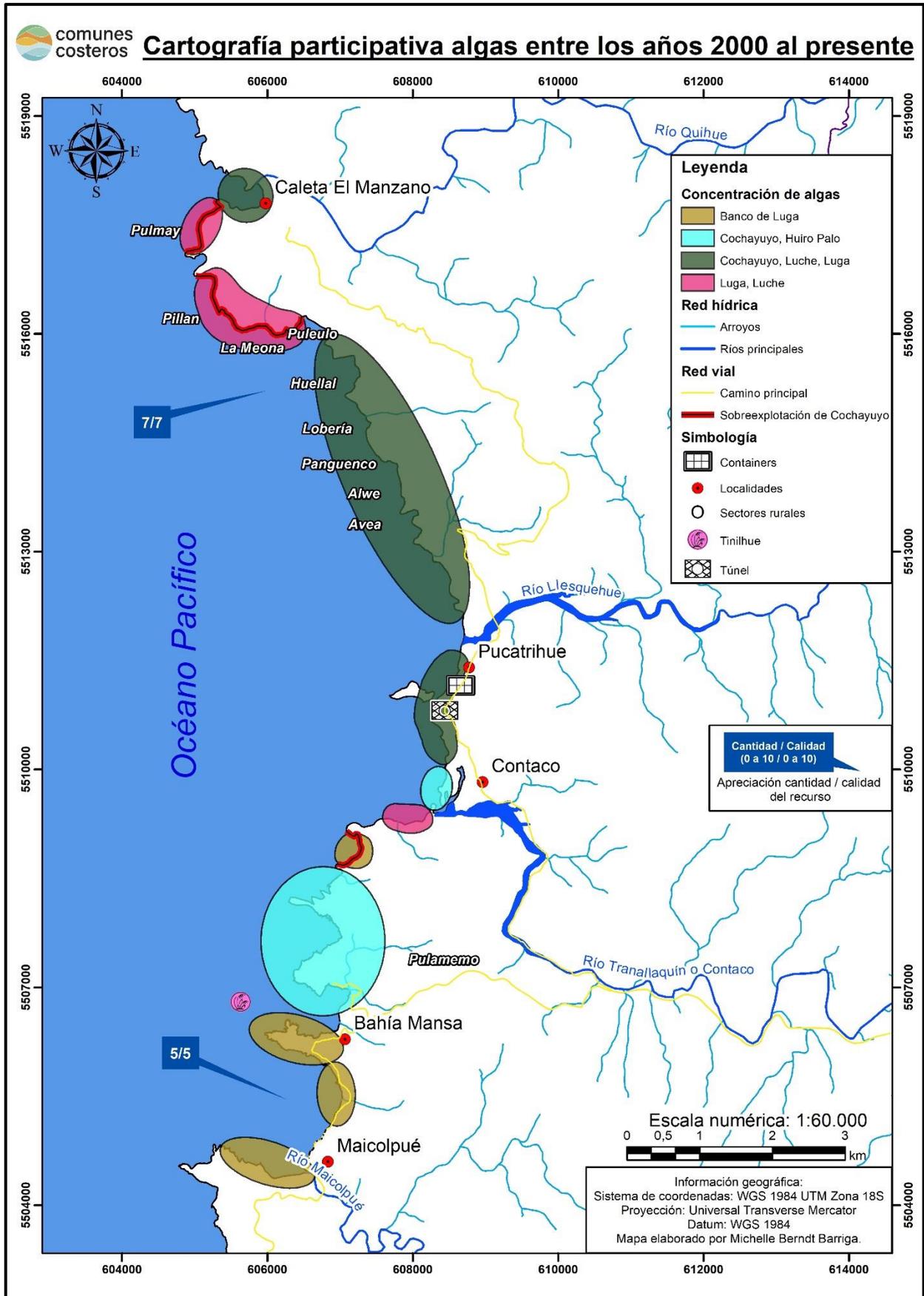
Anexo II.B: Mapa cartografía participativa algas



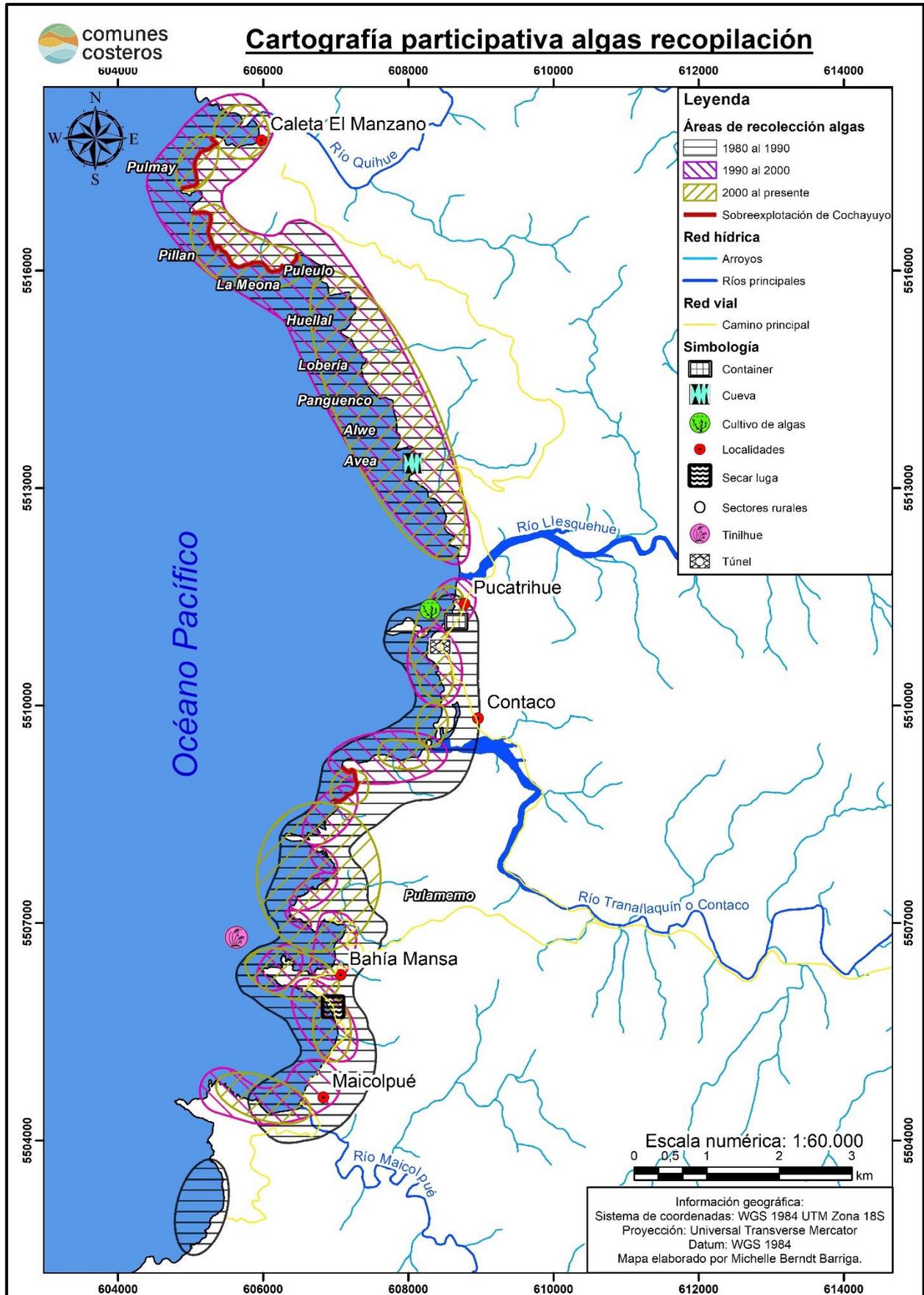
Anexo II.B: Mapa cartografía participativa algas



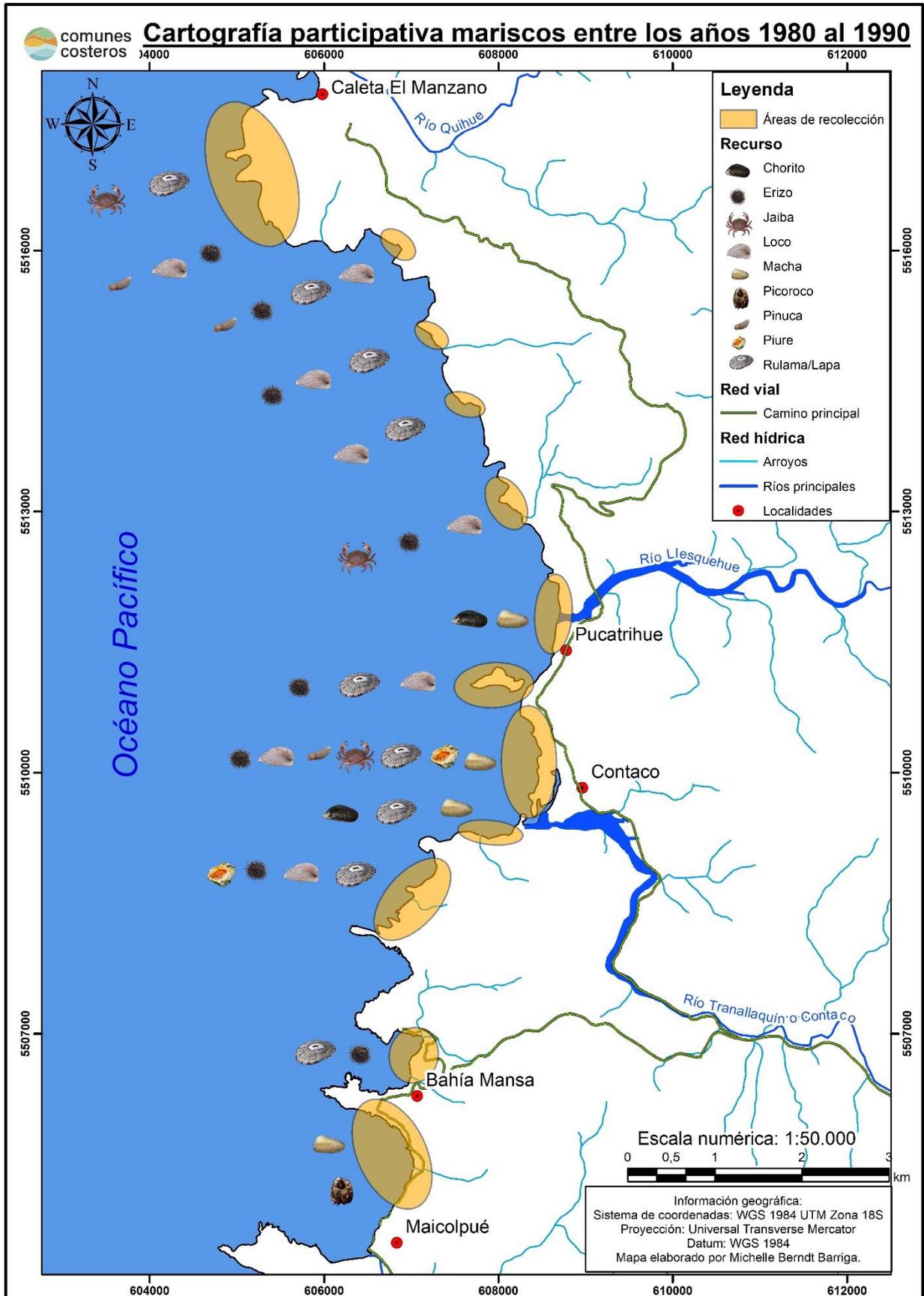
Anexo II.B: Mapa cartografía participativa algas



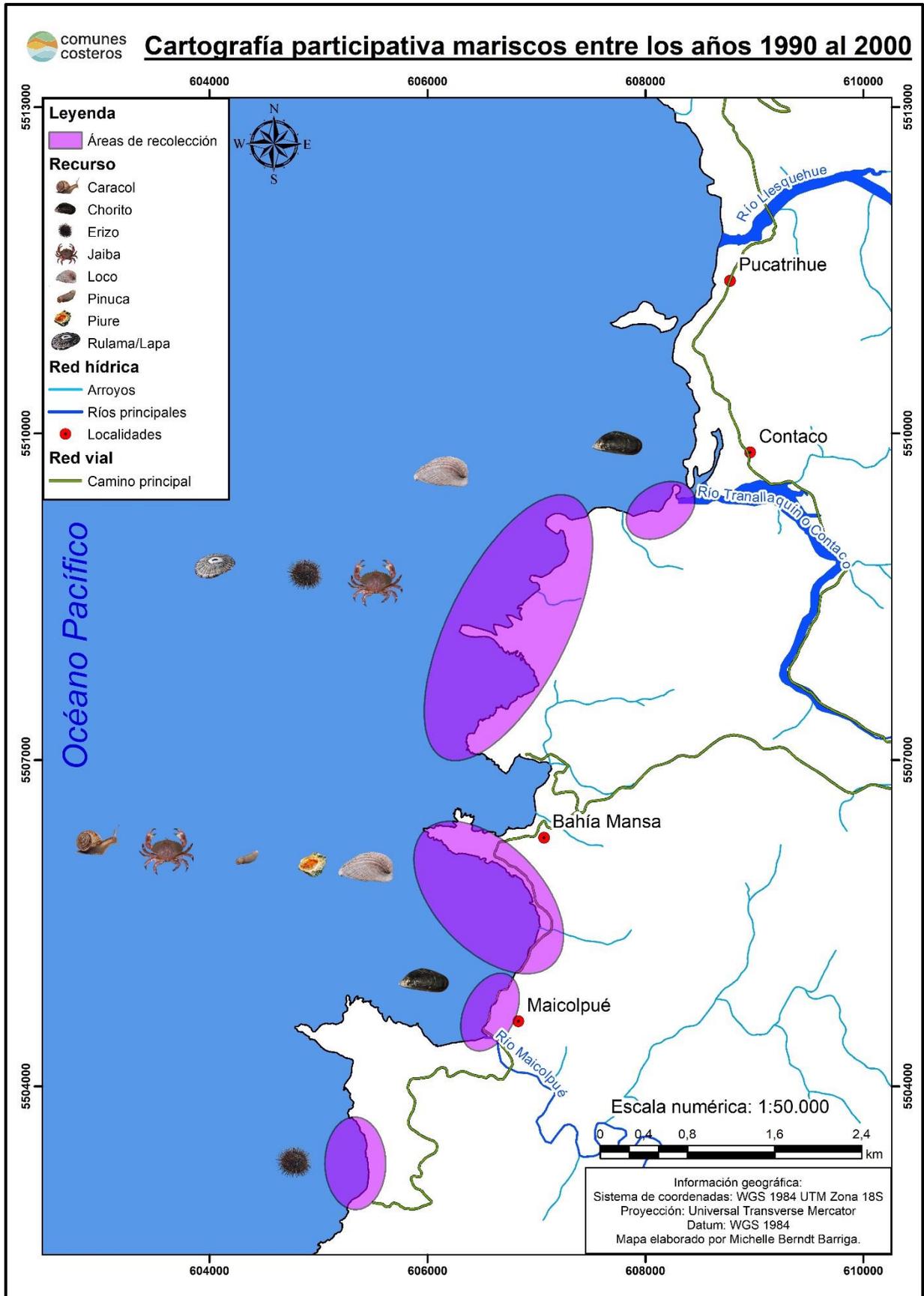
Anexo II.B: Mapa cartografía participativa algas



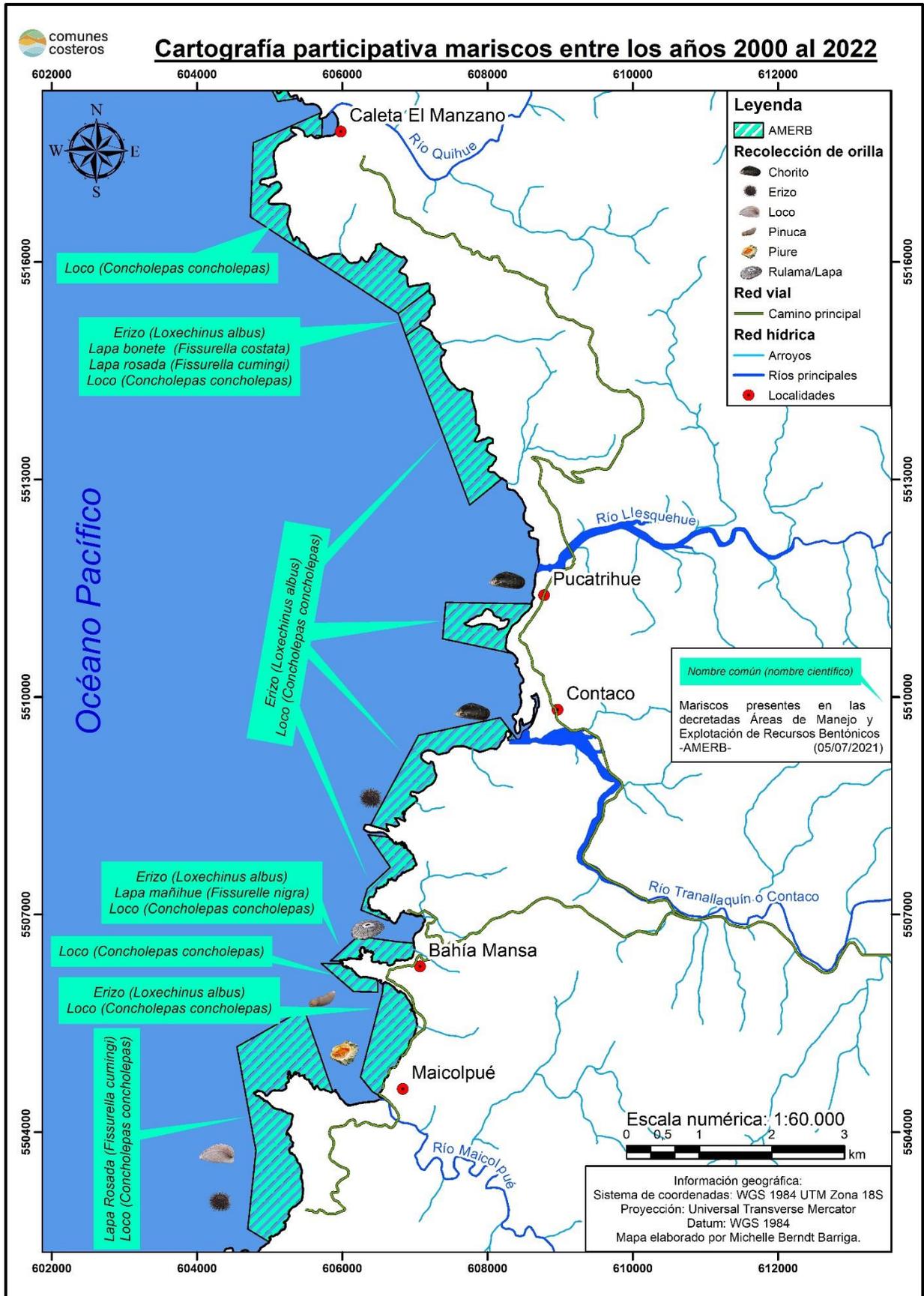
Anexo II.C: Mapa cartografía participativa mariscos



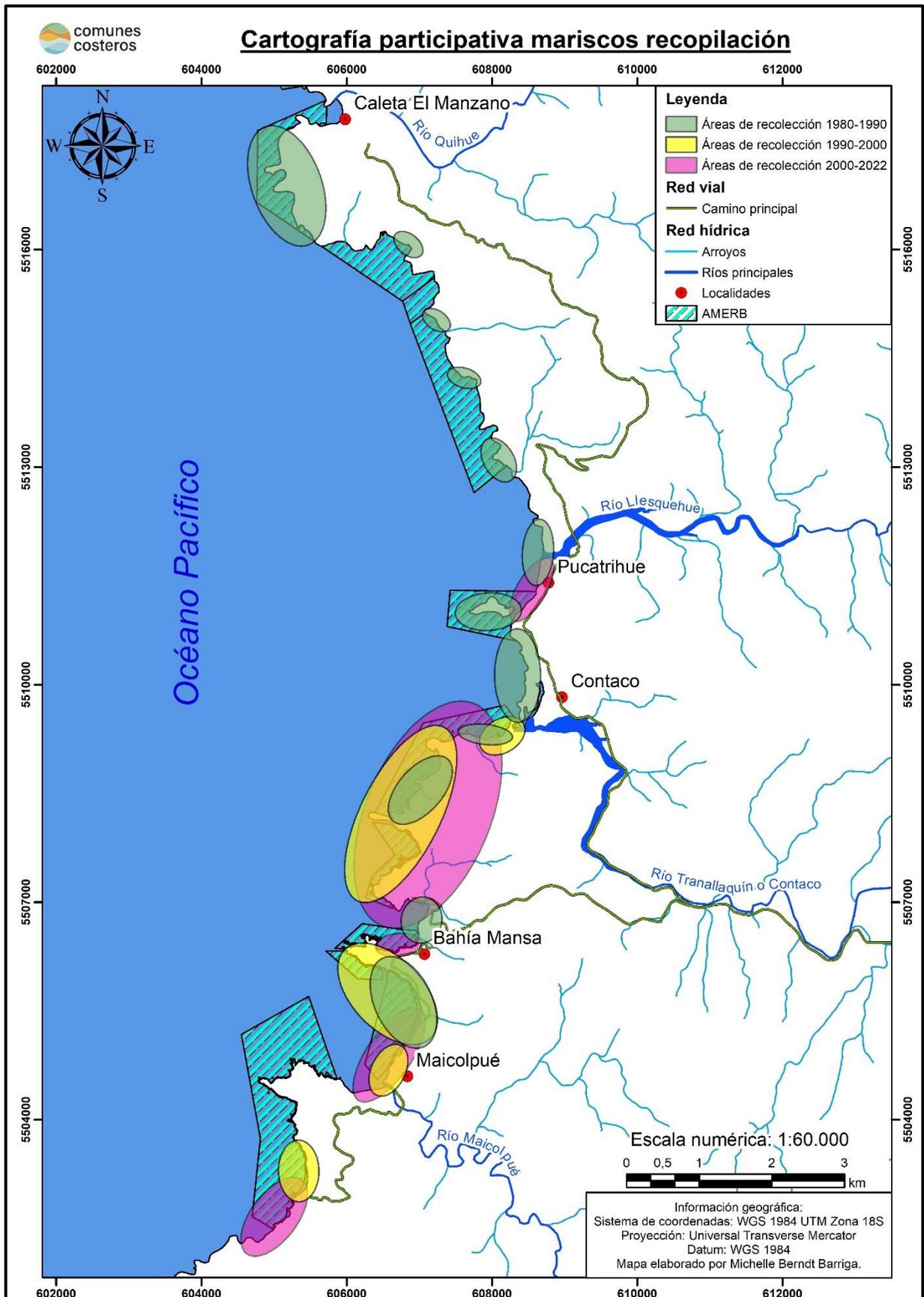
Anexo II.C: Mapa cartografía participativa mariscos



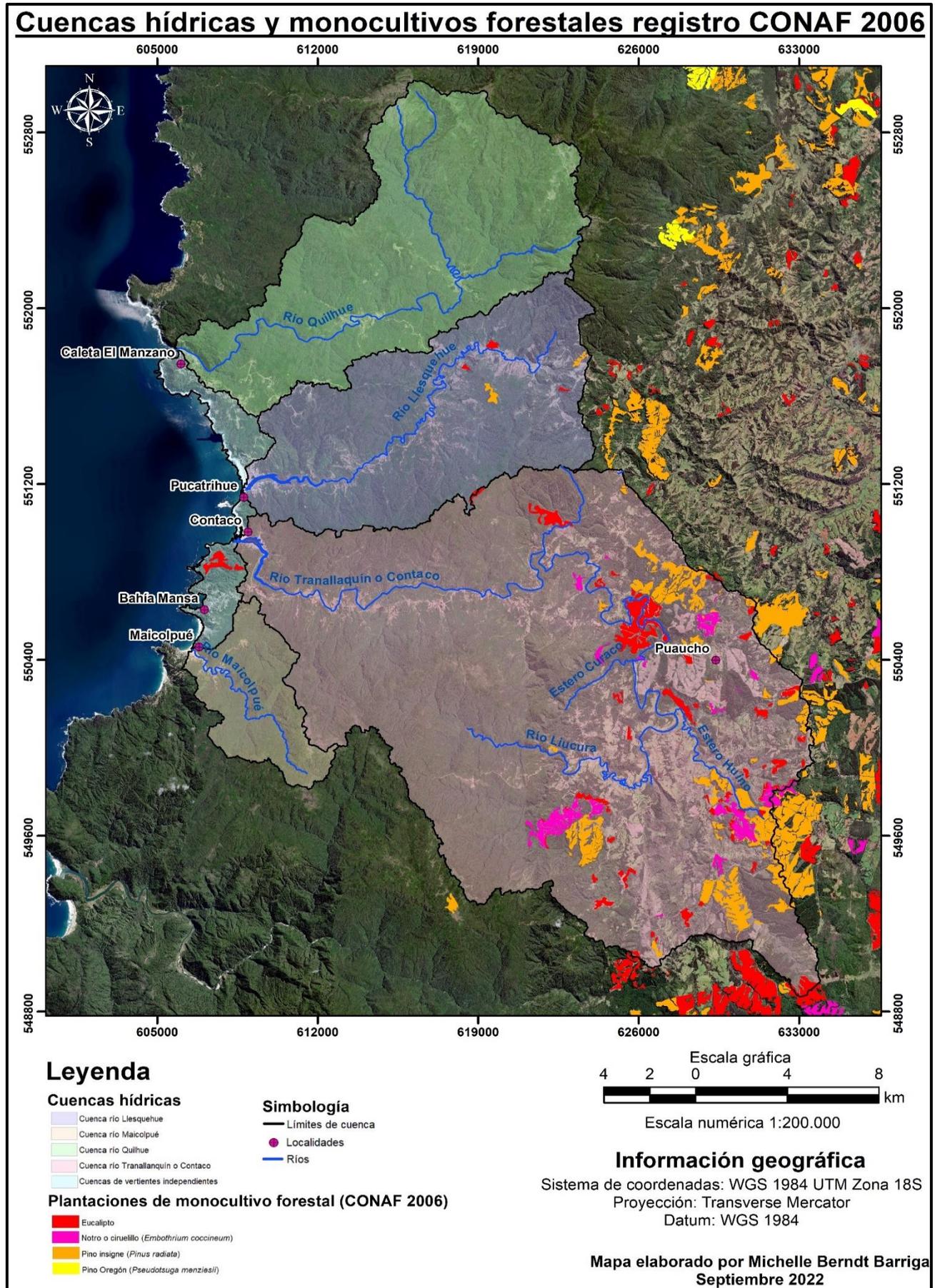
Anexo II.C: Mapa cartografía participativa mariscos



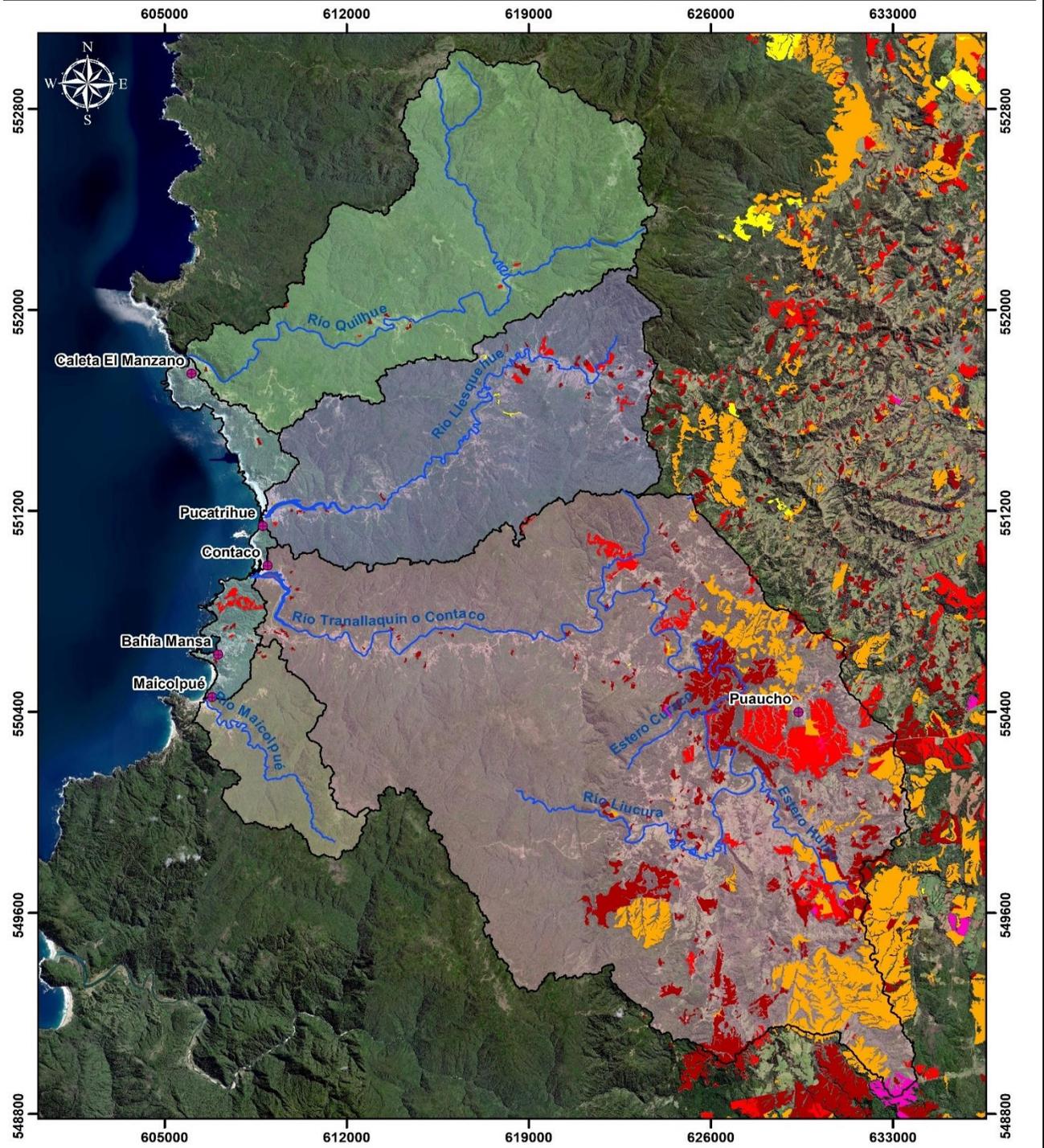
Anexo II.C: Mapa cartografía participativa mariscos



Anexo III.A: Mapas ampliados de monocultivos en registro CONAF 2006



Cuencas hídricas y monocultivos forestales registro CONAF 2014



Leyenda

Cuencas hídricas

- Cuenca río Liesquehue
- Cuenca río Maicolpué
- Cuenca río Quillhue
- Cuenca río Tranallaquín o Contaco
- Cuencas de vertientes independientes

Simbología

- Límites de cuenca
- Localidades
- Ríos

Plantaciones de monocultivo forestal (CONAF 2013)

- Eucalipto brillante (*Eucalyptus nitens*)
- Eucalipto común (*Eucalyptus globulus*)
- Notro o ciruelillo (*Embothrium coccineum*)
- Pino insignis (*Pinus radiata*)
- Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*)



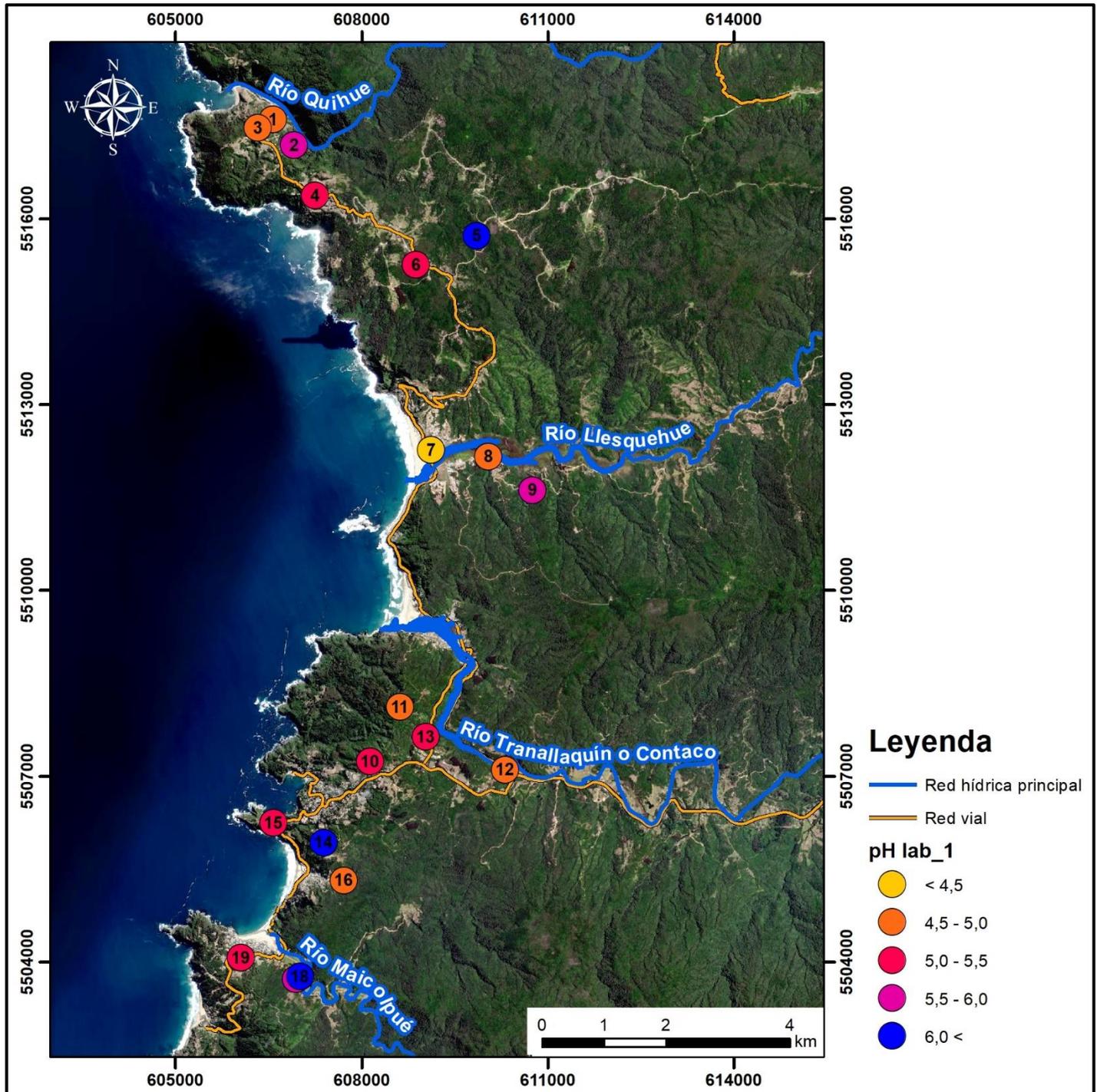
Información geográfica

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zona 18S
 Proyección: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984

Mapa elaborado por Michelle Berndt Barriga
 Septiembre 2022

Anexo III.C: Mapas ampliados de distribución de puntos pH 1 en zonas de recolección de muestras

Mapa ampliado de la distribución de puntos de muestreo de pH de suelo, con resultado de pH en laboratorio con metodología 1



Anexo III.D: Mapas ampliados de distribución de puntos pH 2 en zonas de recolección de muestras

Mapa ampliado de la distribución de puntos de muestreo de pH de suelo, con resultado de pH en laboratorio con metodología 2

